

MAGNETIC ETCHING PROCESS, ESPECIALLY FOR
MAGNETIC OR MAGNETOOPTIC RECORDING

The present invention relates to a magnetic
5 etching process.

More particularly, the invention applies
advantageously to ultrahigh-density magnetic recording
(production of discrete magnetic materials, magnetic
memory circuits, magnetically-controllable logic
10 circuits, etc.), optical recording of the read-only
memory type (CDROM, DVDROM, etc.) and production of
magnetically-controllable optical circuits (diffraction
gratings, photonic gap materials, etc.) using a
controlled variation of the optical index component
15 associated with the magnetism.

PRIOR ART

The extraordinary development of multimedia
20 technologies and services in recent years has led to a
race to increase the recording density. In the field of
rewritable disks, although optical (phase change)
technologies are developing rapidly, magnetic
techniques remain the first choice, and most
25 particularly the "hard disk", for its high transfer
rate. However, the current magnetic techniques ought to
be limited to storage densities of 100 bits/ μm^2 .

One of the limiting factors will especially be
the transition to contact recording, for distances
30 between the read head and the recording medium of less
than 10 nm: there is a trend toward recording
technologies of the "tunnel-effect microscopy"
("STM-like storage") or "near-field" type.

Several technological jumps have been proposed
35 in this direction in recent years, for example near-
field CD-ROM or near-field magnetooptic recording.

In this regard, reference may advantageously be made to the following various publications:

Y. Martin, S. Rishton, H.K. Wickramasinghe, Appl. Phys. Lett. **71**, 1 (1997).

5 Y. Betzig, J.K. Trautman, T.D. Harris, J.S. Weiner, R.L. Kostelak, Science **251**, 1468 (1991).

B.D. Terris, H.J. Mamin, D. Rugar, W.R. Studenmund, G.S. Kino, Appl. Phys. Lett. **65**, 388 (1994).

10 E. Betzig et al., Appl. Phys. Lett. **61**, 142 (1992).

M. Myamoto, J. Ushiyama, S. Hosaka, R. Imura, J. Magn. Soc. Jpn. **19-S1**, 141 (1994).

15 T.J. Silva, S. Schultz, D. Weller, Appl. Phys. Lett. **65**, 658 (1994).

M.W.J. Prinz, R.H.M. Groeneveld, D.L. Abraham, H. van Kempen, H.W. van Kesteren, Applied. Phys. Lett. **66**, 1141 (1995).

Reference may also be made to the publication:

20 B.D. Terris H.J. Mamin, D. Rugar, Appl. Phys. Lett. **68**, 141 (1996) in which it was announced that the company 3M would shortly be commercializing a magnetooptically-read "hard disk" using a solid immersion lens (SIL).

25 However, the main limitation of magnetic techniques should be the "paramagnetic limit", that is to say the size below which the bits will be erased by themselves due to a thermal effect.

30 In the current hard disk technology, the recording medium is a particulate material (magnetic particles in a nonmagnetic matrix, or magnetic particles (grains) separated by nonmagnetic grain boundaries (ME tape)). Now, minimization of the noise necessitates increasing the number of magnetic
35 particles seen by the read head, while these particles must be magnetically decoupled as far as possible. The size of the particles is therefore very much less than the size of a bit. By extrapolating the current data,

the particles would become paramagnetic below 8 nm, thereby limiting the recording density to around 100 bits/ μm^2 .

5 In magnetooptic recording, the materials used at the present time are amorphous alloys of the rare earth/transition metal type, which could be replaced with Co/Pt multilayers or alloys with the advent of the blue laser. Bits 60 nm in size could actually be written by a thermomagnetic effect in continuous Co/Pt
10 multilayers, but it is probable that noise problems due to the recording medium (domain stability, domain wall roughness) would intervene, at bit sizes very much greater than 60 nm.

To extend this limit, it has recently been
15 proposed to replace the current recording medium materials with discrete materials in which the magnetic bit limits would be geometrically defined by lithographic methods:

either deposition on an etched surface,
20 S. Gadetsky, J.K. Erwin, M. Mansuripur,
J. Appl. Phys **79**, 5687 (1996)

or growth of isolated magnetic particles whose size and position are defined by lithography,
S.Y. Chou, M.S. Wei, P.R. Krauss, P. Fischer,
25 J. Appl. Phys. **76**, 6673 (1994).

The latter technique would allow there to be only a single magnetic particle per bit.

In parallel, pressing techniques based on a matrix defined by electronic lithography have been
30 developed,

S.Y. Chou, P.R. Krauss, P.J. Renstrom, Science **272**, 85 (1996),

Y. Xia, X.M. Zhao, G.M. Whitesides, Microelectron. Eng. **32**, 255 (1996),

35 which, just as in X-ray or interferential lithography, could in the near future allow mass production of etched media, with patterns very much less than one micron in size over areas of a few cm^2 , probably sufficient for disks of the future.

However, in the current published work, these various techniques have several drawbacks:

1. Whatever the technique adopted, recording in contact mode will require a material having a low and controlled surface roughness: the etched materials proposed up until now will therefore require a final, and probably difficult, planarization step.

2. In the case of near-field magnetooptic recording, sudden variations in optical index (variations in reflectivity) of the etched material will give diffraction effects, which may be manifested by much greater polarization variations than those induced by the magnetic domains - a source of unacceptable noise.

3. A final problem, at very high densities on these etched materials, concerns the following of the track, and it will probably be necessary to develop a specialized "track" for this purpose, but without degrading the points mentioned above.

PRESENTATION OF THE INVENTION

The subject of the invention is a process for writing on a material, in which said material is irradiated by means of a beam of light ions (that is to say ions having a mass less than 16 units of atomic mass, such as for example He^+ ions), said beam of light ions having an energy of the order of or less than a hundred keV. This process is characterized in that this material comprises a plurality of superposed thin-layers, at least one of the thin layers being magnetic and in that one or more regions having sizes of the order of 1 micrometer or less are irradiated, the irradiation dose being controlled so as to be a few 10^{16} ions/cm² or less, the irradiation modifying the composition of atomic planes in the material at one or more interfaces between two layers of the latter. The magnetic properties of said material, such as, in

particular, its coercivity, its magnetic anisotropy or its Curie temperature, are thus modified.

Typically, a thin layer presents a width of the order of 10 nm or less.

5 The superposed thin layers can advantageously be deposited on a substrate.

They can also be buried in a surface layer.

Such a process allows the aforementioned problems to be solved. In particular:

10 1. The roughness of the original film is unchanged by irradiation and can therefore be adjusted independently. In particular, it may be envisaged to carry out a postirradiation deposition (for the production of devices) under excellent growth
15 conditions (% at an etched surface).

 2. The optical index variations remain small for considerable changes in the magnetic properties and can, moreover, be controlled, within a certain range, almost independently of the magnetic variations
20 obtained, by the structure of the substrate or the energy of the ions.

 3. The effect of the irradiation is cumulative: it is possible to carry out the irradiation several times, and to obtain the same result as in a
25 single time with the cumulative dose. This aspect may be useful when it is desired to irradiate several regions of the specimen with different values, or at different steps in the fabrication of a device.

 4. The effect of the irradiation may be easily
30 controlled in real time, by measuring the change in the properties (for example magnetic properties) over a test region.

 5. The technique is easy to employ for the mass production of recording media, and to do so
35 economically since the tools that it requires to be used are either already used in microelectronics (irradiation) or are under development (lithography by pressing in the case of large areas and of nanometric sizes, for example).

The irradiation may be carried out through a resin mask or with the aid of a focused ion beam.

The aforementioned etching process is advantageously used for the ultrahigh-density magnetic or magnetooptic recording of binary information, and especially for the production of discrete magnetic materials, of magnetic memory circuits or of magnetically-controllable logic circuits.

In particular, the aforementioned process has the advantage of making it possible to write magnetic domains of size very much less than 100 nm and whose position and geometry are perfectly defined and therefore to maximize the signal-to-noise ratio and optimize the track-following problems, while preserving perfectly controlled surface roughness.

In addition, the process proposed by the invention is advantageously used for producing an optical recording of the read-only memory type (CDROM, DVDROM, etc.).

It is known in fact that the near-field optical recording techniques will probably have to use smooth writing materials, with a read head flying a few nm above said material (at the present time, 30 nm for a hard disk). Now, the current optical recording techniques of the read-only memory type are not satisfactory: the pressing methods, using dies, may give sizes of less than 100 nm but the recording medium which is obtained is rough; as regards the writing methods using a focused laser beam (ablation, phase change), these do not make it possible to work with bit sizes of the order of or less than 100 nm.

Applications other than the recording of binary information may be envisaged. In particular, the magnetic etching process proposed by the invention is advantageously used for the production of magnetically-controllable optical circuits (diffraction gratings, photonic gap materials, etc.) using a controlled variation of the optical index component associated with the magnetism, for the production of sensors (hard

disk read heads, etc.) or magnetic memory circuits (extraordinary Hall-effect memory, magnetoresistive memory, spin-dependent tunnel-effect memory).

5 In particular, it is known that the emergence of photonic gap materials opens the way to producing optical devices and that one of the aspects to be resolved will be that of control of the device. The process proposed by the invention makes it possible, by irradiation through a mask, to manufacture a waveguide
10 film made of nonmagnetic material; comprising a regular array of magnetic units (photonic crystal) having an optical index which is both slightly different from that of the host material and magnetically controllable.

15 In general, the process proposed by the invention may apply whenever it is advantageous to define a magnetic element accurately, while maintaining a very high degree of planarity of the device (for example, in order to favor subsequent growth).

20 The process proposed by the invention may also be used for magnetically etching a layer already buried beneath other, insensitive layers, by adjusting the irradiation conditions. For example, and by way of nonlimiting indication, it is possible to produce
25 electrical circuits etched in the same thin-film magnetic material, and only the important part of which will remain magnetic, the contact tracks having been made inactive by irradiation; the coercive field of a given region of a specimen may be controllably reduced
30 so as to guarantee that the reversal of the magnetization will always occur under the same conditions, from the same site.

The process proposed by the invention may a
35 *priori* be adapted to any material for which a minute variation in the local atomic arrangement can lead to a large modification in the magnetic properties, that is to say to transition metal alloys (e.g.: CoPt, NiFe, etc.), to rare earth/transition metal alloys (e.g.:

TbFeCo, etc.) and to magnetic multilayers (e.g.: Co/Pt, Fe/Tb, etc.), without this list being exhaustive.

Co/Pt multilayers are materials which are potentially of interest for short-wavelength
5 magneto optic recording in blue light.

DESCRIPTION OF ONE OR MORE EMBODIMENTS

The process of magnetic etching by irradiation
10 is described below in the case of magnetic multilayers irradiated by an ion beam and involves several steps, in which:

- (i) the composition and the roughness at the interfaces and on the surface of the layers are
15 carefully controlled before irradiation;

- (ii) the multilayer structure is irradiated by a light-ion beam, the structural modification induced by the beam being controlled; in particular, the energy density deposited by the beam is controlled
20 by choosing the mass and the energy of the incident ions;

- (iii) the irradiation may be complemented by a suitable thermal processing in order to relax the stresses and/or induce local ordering.

25 In the case of magnetic materials, the effects of the process are important on alloys (transition metal alloys, rare earth alloys and rare earth/transition metal alloys) and on stacks of buried thin layers deposited on a substrate of all types.

30 The process is advantageously employed on Co/Pt multilayers. It should be noted that these materials have already been very widely studied for their properties, firstly their perpendicular magnetic anisotropy and secondly their strong magneto optic Kerr
35 effect; they therefore constitute advantageous candidates for magneto optic recording.

In materials based on ultrathin multilayer films, the properties are dominated by the competition between the interface effects and the volume

properties. For example, the easy magnetization direction is given by the sign of an effective anisotropy coefficient K_{eff} which, to a first approximation, is given by:

5

$$K_{eff} = -K_d + K_v + \frac{(K_{s1} + K_{s2})}{t_{co}}$$

The first term represents the dipole shape anisotropy ($K_d > 0$), the second term represents the
10 volume anisotropy ($K_v > 0$ in the case of Co) and the last term is due to the interfaces ($K_s > 0$ in the case of the Co/Pt interface), the influence of which varies inversely with the Co thickness t_{co} (K_{s1} and K_{s2} denoting the magnetic anisotropy coefficients of the two
15 interfaces of the Co film. Depending on the sign of K_{eff} , the easy magnetization axis is either the axis perpendicular to the plane of the layers ($K_{eff} > 0$) or the plane of the film. The perpendicular configuration is necessary for magnetooptic recording and will
20 probably become the standard for ultrahigh-density magnetic recording, all techniques included.

The process is limited to irradiation resulting in low energy deposition (small number of atomic displacements at the interfaces that we are interested
25 in). This may be achieved, for example, by light ions (e.g. He^+) of low energy (from a few keV to about a hundred keV). The irradiation firstly modifies the composition of the interface between two layers of material and therefore, in particular, the anisotropy.
30 For the thinnest films (1 or 2 atomic planes) or for higher doses, the composition of the film and hence its volume magnetism are also modified (by transferring atoms from one layer to another): in the particular case of Co/Pt, the Curie temperature of the CoPt alloy
35 decreases with Pt concentration, and becomes below room temperature at around 75% Pt.

For example, the inventors have rendered specimens, having a thickness t_{co} of 0.5 nm,

paramagnetic at ordinary temperature, in a controlled manner, by irradiating, at a (very low) dose of 10^{16} ions/cm², with 30 keV He⁺.

The effects of the irradiation were firstly
5 characterized on simple Pt(3.4 nm)/Co(t_{Co})/Pt(6.5 nm)/
amorphous substrate (Herasil polished silica, SiO₂/Si,
Si₃N₄/Si) sandwiches deposited by sputtering.

With the deposition technique used, magnetic
films with a perpendicular easy magnetization axis and
10 a perfectly square polar hysteresis cycle (100%
remanent magnetization) within the Co thickness range:
0.3 - 1.2 nm are obtained before irradiation.

The irradiation of these specimens at He⁺ ion
fluences up to around 2×10^{15} atoms/cm², the ions being
15 accelerated to energies of between 5 and 100 keV, makes
it possible actually to adjust the magnetic properties
of an ultrathin Co layer:

1. on 0.5 nm thick layers (approximately
2.25 atomic planes), the main effect is a drop in the
20 Curie temperature, which may fall below room
temperature for a dose of the order of 2×10^{16} ions per
cm². Below that, the film retains a perpendicular easy
magnetization axis and a square loop, but the coercive
field of which decreases uniformly when the irradiation
25 dose is increased. Square magnetization loops with
coercivities of a few Oe have been obtained.
Advantageous applications for the production of low-
field sensors may be envisaged;

2. on 1 nm thick specimens (approximately
30 5 atomic planes), the main effect of the irradiation is
a tilt of the easy magnetization axis in the plane of
the film, combined with a reduction in the interface
anisotropy term K_s. The effect is obtained for low
doses because the initial thickness is close to that
35 (1.2 nm) at which the tilting effect occurs in the
original specimens;

3. on specimens of intermediate thickness
(0.8 nm, i.e. 4 atomic planes), the same doses have no
visible effect on the hysteresis loop: at these

thicknesses, the Curie temperature is already very high (close to that of bulk Co), and therefore largely insensitive to small modifications of the interface, these thicknesses also being very far from the natural
5 thickness for tilting of the easy magnetization axis. This constitutes a useful characteristic of the process since it makes it possible, on the one hand, to irradiate a bilayer while modifying only one of the layers and, on the other hand, to work at much higher
10 doses, more conducive to homogeneity.

It should be noted that the acceleration energy of the ions has a lesser effect on the modification of the magnetic properties than on the depthwise distribution of the level of displacements in the
15 material. This may allow the process to be employed in thin layers buried at substantially greater depths than those used in the demonstration example.

An essential characteristic of the process proposed is that, although the effect of the
20 irradiation on the magnetism is great, its effect on the optical reflectivity of the specimen remains small.

The contrast is invisible to the naked eye, and barely visible in a good microscope (contrast comparable to that of a domain wall in a Pt/Co/Pt
25 specimen). The smallness of the optical effect is due to the smallness of the induced structural modifications.

Tests on (Pt/Co)₆/Pt multilayer stacks were also carried out. The structures of these multilayers
30 (thicknesses, number of Co/Pt periods) were chosen around the values normally used for magneto optic recording media. Compared with the simple picture of the variation in anisotropy with Co thickness, explained above in the case of the simple films, the
35 effects of the irradiation on the magnetic properties are made more complex in multilayers by the magnetic interaction between the layers, which may be bipolar in origin, or an exchange interaction carried by the conduction electrons in the platinum. The latter

interaction, which is actually manifested by ferromagnetism of the Pt for the interface layers, helps to raise the Curie temperature of the multilayers, especially when the Co thickness is very small. The presence of these two interactions also leads to the existence of quite a wide Co thickness range in which the system is decomposed into regular magnetic domains within which the magnetization is perpendicular ("strip" domain configuration), even for slightly negative K_{eff} values where an easy magnetization plane would be expected.

The tests were carried out on two series of specimens, of the same Co thickness (and therefore the same single layer anisotropy) and the same number of periods, but differing in the thickness of the Pt separating layer:

A series: Pt(2 nm)/[Pt(1.4 nm)/Co(0.3 nm)]₆/Pt(6.5 nm)

B series: Pt(2 nm)/[Pt(0.6 nm)/Co(0.3 nm)]₆/Pt(6.5 nm)

In the case of the B series, the Pt concentration of the alloy after complete interdiffusion would be about 66% (ferromagnetic alloy) while it would be 82% for the A series (nonmagnetic alloy). On the other hand, in the B series, in which the Pt interlayer is thinner, the Co layers are more highly interacting, which in principle makes it easier to obtain the "strip" domain configuration, followed by the easy magnetization plane, by a reduction in the anisotropy.

Over the range of doses tested (up to 10^{16} He/cm² in the case of the A series and 2.6×10^{16} He/cm² in the case of the B series), the irradiation results show qualitatively the same effects for both series: gradual (and easily controllable) transition from a perpendicular easy magnetization axis (with a perfectly square hysteresis loop whose coercive field decreases with the irradiation dose) to a "strip" domain configuration, and then to an easy magnetization plane. As explained above, this tilting takes place at a lower dose for the B series (3×10^{15} He/cm² as opposed

to 6×10^{15} He/cm²). At the doses used, all the specimens remained ferromagnetic at room temperature.

In all the cases described above, no variation in the surface roughness of the specimen could be
5 detected by AFM in air, even for extremely low, of the order of 0.2 nm rms, initial roughnesses.

Tests with irradiation through a resin mask were also carried out.

On Pt(3.4 nm)/Co(0.5 nm)/Pt(6.5 nm)/Herasil
10 simple sandwich specimens, two types of resin were tested:

1. A Shipley negative resin, suitable for submicron lithography by X-ray lithography. The resin had been deposited as a thick (0.8 μ m) layer over only
15 half of a specimen and then annealed under the usual conditions. The entire specimen was then irradiated and the resin removed, again under the usual conditions (hot trichloroethylene bath).

The part unprotected by the resin reproduces
20 the effects of the irradiation that were described above, whereas the protected part shows no change in its properties. In principle, using processes already developed elsewhere, the use of the same resin, but with in addition an X-ray lithography step in order to
25 define an array of holes therein, should at the very least make it possible to obtain arrays of magnetically etched bits 0.2 μ m in size separated by 0.2 μ m, i.e. a recording density of 25 bits per μ m², almost 20 times greater than the current densities;

30 2. a PMMA positive resin suitable for electron lithography. The resin was deposited as a layer about 0.85 μ m in thickness and in this case was not annealed, something which might have an influence on the quality of the pattern edges. Under the standard annealing
35 conditions for this resin (160°C, 30 min) effects start to appear in the specimens, but annealing of just as good quality is possible at lower temperatures (<120°C), at which the specimens are insensitive). Next, the specimens underwent an electron lithography

step in order to define, as recesses in the resin, an array of lines 1 μm in width, separated by 1 μm , over an area of $800 \times 800 \mu\text{m}^2$. The entire specimen was then irradiated and the resin removed under the standard conditions. Observation in a magnetooptic microscope shows that, at the chosen irradiation dose (10^{16} He/cm^2), the irradiated part becomes paramagnetic at room temperature (this state has the advantage of eliminating the coupling between magnetic regions). The part protected by the resin remains magnetized perpendicularly, with a square loop similar to that of the original specimen.

The same electron lithography process as above was applied to a $\text{Pt}(2 \text{ nm})/[\text{Pt}(0.6 \text{ nm})/\text{Co}(0.3 \text{ nm})]_6/\text{Pt}(6.5 \text{ nm})$ multilayer of the B series in order to create the same array of lines, followed by an irradiation at a dose of $2 \times 10^{15} \text{ He/cm}^2$. However, unlike in the case of the single 0.5 nm Co layer, the two parts (the protected part and the irradiated part) retain a perpendicular magnetization and a square loop with, however, a lower coercive field in the case of the irradiated part. In fact, observation in a magnetooptic microscope clearly shows a reversal of the magnetization in the reverse applied field after saturation, which firstly takes place in the irradiated lines and then propagates into the unirradiated parts (lines and film outside the array). In the intermediate region, magnetic domains artificially created by lithography are therefore obtained. Next, tests were carried out using near-field magnetooptic microscopy, which made it possible to see these artificial domains very precisely. This consequently demonstrates the feasibility of the proposed "contact" recording process. On the other hand, on specimens that were similar but were etched by material ablation, the same near-field microscopy technique reveals only the diffraction effects.

It should be noted that, after irradiation, the PMMA resin becomes more difficult to remove. Residues

remaining along the features introduce roughness and a weak optical contrast of nonmagnetic origin, something which requires an additional stripping procedure in an "oxygen plasma" (a procedure well known in microtechnologies).

Finally, the precision of PMMA-resin electron lithography gives rise to the hope that it will be possible to achieve bit sizes of less than 100 nm, i.e. a density greater than 100 bits/ μm^2 .

A series of similar experiments, using masks made of silica and irradiated with He ions under the same conditions as above, has allowed the inventors to expect a resolution (deduced from magnetooptic measurements) of 30 nm on lithographically etched lines.

The techniques of the type that have just been described are advantageously used for manufacturing films which include buried magnetic structures, especially for the production of magnetically structured recording media or of magnetoelectronic devices, such as M-RAM memories, logic devices, etc.

They allow planar magnetic etching of buried magnetic layers, which does not modify the surface roughness of the material and makes it possible to control the variations in optical properties, for example to make them negligible.

These techniques can be used for mass production on an industrial scale.

Using light ions, which have no etching effect, these can be deeply implanted into the substrate, well below the magnetic layer.

The parameter is then the energy deposited per ion along the trajectory - and not the cascades of defects generated by heavy ions - thereby allowing excellent control of the electromagnetic modifications, for high doses, something which gives a homogeneous effect.

Moreover, an easy nucleation region, due to the reversal of the magnetization) and associated with

phenomena occurring at the border of the irradiated region, is intrinsically obtained with the proposed technique. This is a major advantage for controlling and standardizing the magnetization reversal field in
5 an assembly of magnetic "particles", either for a recording medium material or for a memory or logic chip, without limitation.

It should be noted that contrary to heavy ions irradiation techniques in which the atomic
10 modifications are obtained due to the succession chain of defaults created by the heavy ions, the light ions irradiation technique which is herewith presented permits a high control of the magnetic modifications and, for the high irradiation doses, permits to obtain
15 an homogeneous effect.

This is due :

- (i) to the low density of the atomic moves due to the collisions with the atoms at the interface of the thin layers ,
- 20 - (ii) to the low energy transferred during these collisions.

CLAIMS

1. Process for writing on a material, in which said material is irradiated by means of a beam of light
5 ions, such as for example He^+ ions, said beam of light ions having an energy of the order of or less than a hundred keV, wherein this material comprises a plurality of superposed thin-layers, at least one of said thin layers being magnetic and in that one or more
10 regions having sizes of the order of 1 micrometer or less are irradiated, the irradiation dose being controlled so as to be a few 10^{16} ions/cm² or less, the irradiation modifying the composition of atomic planes in the material at one or more interfaces between two
15 layers of the latter.
2. Process according to claim 1, wherein the irradiation is carried out through a mask.
- 20 3. Process according to claim 1, wherein the superposed thin layers are deposited on a substrate.
4. Process according to claim 1, wherein the superposed thin layers are buried in a surface layer.
25
5. Process for the magnetic or magnetooptic recording of binary information, especially for the production of discrete magnetic materials, of magnetic memory circuits or of magnetically-controllable logic
30 circuits, characterized in that it employs a writing process according to one of the preceding claims.
6. Optical recording process of the read-only memory type, characterized in that it employs a writing
35 process according to either of claims 1 to 4.

7. Process according to either of claims 5 and 6,
characterized in that the recording material is a
magnetic multilayer material, the individual layers of
which are pure metals or transition metal alloys or
5 rare earth alloys.

8. Process for producing magnetically-controllable
optical circuits using a controlled variation of the
optical index component associated with magnetism,
10 characterized in that it employs a writing process
according to either of claims 1 and 2.

PATENT OF INVENTION

"MAGNETIC ETCHING PROCESS, ESPECIALLY FOR MAGNETIC OR
MAGNETOOPTIC RECORDING"

ABSTRACT

Process for writing on a material, in which said material is irradiated by means of a beam of light ions, such as for example He^+ ions, said beam of light ions having an energy of the order of or less than a hundred keV, wherein this material comprises a plurality of superposed thin-layers, at least one of said thin layers being magnetic and in that one or more regions having sizes of the order of 1 micrometer or less are irradiated, the irradiation dose being controlled so as to be a few 10^{16} ions/cm² or less, the irradiation modifying the composition of atomic planes in the material at one or more interfaces between two layers of the latter.

PCTORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : H01F 41/14, G11B 11/10, H01P 11/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/35657
		(43) Date de publication internationale: 15 juillet 1999 (15.07.99)

(21) Numéro de la demande internationale: **PCT/FR99/00043**(22) Date de dépôt international: **12 janvier 1999 (12.01.99)**(30) Données relatives à la priorité: **12 jan 00/30m02**
98/00199 12 janvier 1998 (12.01.98) FR(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).**

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): **LECHAPPERT, Claude [FR/FR]; 1, rue des Cliquets, F-92380 Garches (FR). BERNAS, Harry [FR/FR]; 23, rue Louis Morard, F-75014 Paris (FR). FERRE, Jacques [FR/FR]; 17, allée du Moulin de Migneaux, F-91370 Verrières-le-Buisson (FR).**(74) Mandataires: **MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 26, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR).**(81) Etats désignés: **AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).**

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.(54) Title: **MAGNETIC ENGRAVING METHOD, IN PARTICULAR FOR MAGNETIC OR MAGNETO-OPTICAL RECORDING**(54) Titre: **PROCEDE DE GRAVURE MAGNETIQUE, POUR NOTAMMENT L'ENREGISTREMENT MAGNETIQUE OU MAGNETO-OPTIQUE**

(57) Abstract

The invention concerns a magnetic engraving method characterised in that it consists in controlled irradiation of a material in thin layers to locally modify, over zones with micrometric width or less, said material magnetic properties, such as in particular its coercivity, its magnetic anisotropy and its Curie temperature.

(57) Abrégé

Procédé de gravure magnétique, caractérisé en ce qu'on irradie de façon contrôlée un matériau en couches minces pour modifier localement, sur des zones d'une largeur de l'ordre du micromètre ou inférieure, les propriétés magnétiques dudit matériau, telles que notamment sa coercivité, son anisotropie magnétique ou sa température de Curie.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE DE GRAVURE MAGNETIQUE, POUR NOTAMMENT
L'ENREGISTREMENT MAGNETIQUE OU MAGNETO-OPTIQUE

La présente invention est relative à un procédé de gravure magnétique.

Plus particulièrement, l'invention trouve avantageusement application pour l'enregistrement magnétique ultra-haute densité (élaboration de matériaux magnétiques discrets, circuits de mémoires magnétiques, circuits logiques à commande magnétique, ...), l'enregistrement optique de type à mémoire morte (CDROM, DVDROM,...), et la réalisation de circuits optiques à commande magnétique (réseaux diffractants, matériaux à gap photonique, ...) utilisant une variation contrôlée de la composante d'indice optique liée au magnétisme.

10

ETAT DE LA TECHNIQUE

L'extraordinaire développement des technologies et services multimédias lors de ces dernières années a entraîné une course à l'augmentation de la densité d'enregistrement. Dans le domaine des disques ré-inscriptibles, bien que les technologies optiques (changement de phase) se développent rapidement, les techniques magnétiques gardent la première place, et tout particulièrement le "disque dur", pour sa vitesse de transfert élevée. Toutefois, les techniques magnétiques devraient être limitées à des densités de stockage de 100 bits/cm².

Un des facteurs limitatifs sera notamment le passage à l'enregistrement de contact, pour des distances entre la tête de lecture et le support d'enregistrement inférieures à 10 nm : on parle d'évolution vers des technologies d'enregistrement type "microscopie à effet tunnel" («STM like storage» selon la terminologie anglo-saxonne), ou en "champ proche".

Plusieurs sauts technologiques ont été proposés dans cette direction durant les dernières années, par exemple le CD-ROM en champ proche, ou l'enregistrement magnéto-optique en champ proche. On pourra à cet égard avantageusement se référer aux différentes publications suivantes :

Y. Martin, S. Rishton, H.K. Wickramasinghe, Appl. Phys. Lett. 71, 1 (1997).

Y. Betzig, J.K. Trautman, T.D. Harris, J.S. Weiner, R.L. Kostelak, Science 251, 1468 (1991).

B.D. Terris, H.J. Mamin, D. Rugar, W.R. Studdenmund, G.S. Kino, Appl. Phys. Lett. 65, 388 (1994).

5 E. Betzig et al., Appl. Phys. Lett. 61, 142 (1992).

M. Myamoto, J. Ushiyama, S. Hosaka, R. Imura, J. Magn. Soc. Jpn. 19-S1, 141 (1994).

T.J. Silva, S. Schultz, D. Weller, Appl. Phys. Lett. 65, 658 (1994).

10 M.W.J. Prinz, R.H.M. Groeneveld, D.L. Abraham, H. van Kempen, H.W. van Kesteren, Applied. Phys. Lett. 66, 1141 (1995).

On pourra également se reporter à la publication :

15 B.D. Terris H.J. Mamin, D. Rugar, Appl. Phys. Lett. 68, 141 (1996) dans laquelle est annoncée la commercialisation prochaine par la société 3M d'un "disque dur" à lecture magnéto-optique utilisant une lentille à immersion solide (SIL).

Toutefois, la limitation principale des techniques magnétiques devrait être la "limite paramagnétique", c'est-à-dire la taille en dessous de laquelle les bits s'effaceront d'eux même par effet thermique.

20 Dans la technologie du disque dur actuelle, le support d'enregistrement est un matériau particulaire (grains magnétiques dans une matrice non magnétique, ou encore des grains magnétiques séparés par des joints de grains non magnétiques (ME tape)). Or, la minimisation du bruit impose d'augmenter le nombre de particules magnétiques vues par la tête de lecture, tandis que ces particules doivent être le plus possible découplées magnétiquement. La taille des particules est donc très inférieure
25 à la taille de bit. En extrapolant les données actuelles, les particules deviendront paramagnétiques en dessous de 8nm, ce qui limite la densité d'enregistrement autour de 100 bits/ μm^2 .

30 Dans l'enregistrement magnéto-optique, les matériaux utilisés à l'heure actuelle sont des alliages amorphes du type terre rare/métal de transition, qui pourraient être remplacés par des alliages ou multicouches Co/Pt avec l'avènement du laser bleu. Des bits de taille 60nm ont pu effectivement être écrits par effet

thermo-magnétique dans des multicouches Co/Pt continues, mais il est probable que des problèmes de bruit dus au support d'enregistrement (stabilité du domaine, rugosité de sa paroi) interviendront, à des tailles de bits très supérieures à 60 nm.

Pour repousser cette limite, il a été proposé récemment de remplacer les
5 matériaux support d'enregistrement actuels par des matériaux discrets, où les limites de bits magnétiques seraient définies géométriquement par des méthodes lithographiques :

soit dépôt sur surface gravée,

S. Gadetsky, J.K. Erwin, M. Mansuripur, J. Appl. Phys 79, 5687 (1996).

10 soit croissance de particules magnétiques isolées de taille et position définies par lithographie,

S.Y. Chou, M.S. Wei, P.R. Krauss, P. Fischer, J. Appl. Phys. 76, 6673 (1994).

Cette dernière technique permettrait de n'avoir qu'une seule particule
15 magnétique par bit.

En parallèle, des techniques de pressage à partir d'une matrice définie par lithographie électronique ont été mises au point,

S.Y. Chou, P.R. Krauss, P.J. Renstrom, Science 272, 85 (1996),

Y. Xia, X.M. Zhao, G.M. Whitesides, Microelectron. Eng. 32, 255 (1996),

20 qui, de même que la lithographie par rayons X ou interférentielle, pourraient dans un avenir proche permettre la production en masse de supports gravés, avec des motifs de taille très inférieure au micron, sur des surfaces de quelques cm² probablement suffisantes pour les disques du futur.

Toutefois, dans l'état actuel des publications, ces différentes techniques
25 présentent plusieurs inconvénients :

1. Quelle que soit la technique retenue, l'enregistrement en mode contact demandera un matériau de rugosité de surface faible et contrôlée : les matériaux gravés proposés jusqu'ici demanderont donc une étape finale de planarisation, probablement délicate.

30 2. Dans le cas de l'enregistrement magnéto-optique en champ proche, des variations d'indice optique (de réflectivité) brutales du matériau gravé donneront

des effets de diffraction, qui peuvent se traduire par des variations de polarisation beaucoup plus fortes que celles induites par les domaines magnétiques, source de bruit inacceptable.

3. Un dernier problème aux très fortes densités sur ces matériaux gravés concerne le suivi de piste, et il faudra probablement mettre au point une "piste" spécialisée à cet effet, mais sans dégrader les points évoqués ci-dessus.

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention propose quant à elle un procédé de gravure magnétique, caractérisé en ce qu'on irradie de façon contrôlée un matériau magnétique en couches minces (quelques plans atomiques) pour modifier localement, sur des zones d'une largeur de l'ordre du micromètre ou inférieure, les propriétés magnétiques dudit matériau, telles que notamment sa coercivité, son anisotropie magnétique ou sa température de Curie.

Un tel procédé permet de résoudre les problèmes précités. Notamment :

1. La rugosité du film d'origine est inchangée par irradiation, et peut donc être ajustée de manière indépendante. En particulier, on peut envisager de reprendre un dépôt après irradiation (pour la réalisation de dispositifs) dans des conditions de croissance excellentes (% à une surface gravée).
2. Les variations d'indice optique restent faibles pour des changements considérables des propriétés magnétiques, et par ailleurs peuvent être contrôlées, dans une certaine gamme, quasi indépendamment des variations magnétiques obtenues, par la structure du substrat ou l'énergie des ions.
3. L'effet de l'irradiation est cumulatif : on peut procéder à l'irradiation en plusieurs fois, et obtenir le même résultat qu'en une seule fois avec la dose cumulée. Cet aspect peut être utile lorsqu'on veut irradier plusieurs zones de l'échantillon avec des valeurs différentes, ou à des étapes différentes de la fabrication d'un dispositif.
4. On peut facilement contrôler l'effet de l'irradiation en temps réel, en mesurant l'évolution des propriétés (magnétiques par exemple) sur une zone test.

5 La technique est facile à mettre en oeuvre pour la fabrication de masse de supports d'enregistrement et ce d'une façon économique puisque les outils qu'elle nécessite d'utiliser sont soit déjà utilisés en micro-électronique (irradiation), soit en cours de développement (lithographie par pressage pour des grandes surfaces et des tailles nanométriques par exemple).

Avantageusement, l'irradiation est faite au moyen d'un faisceau d'ions.

D'autres moyens techniques de dépôt d'énergie seraient envisageables.

L'irradiation peut se faire à travers un masque de résine ou à l'aide d'un faisceau d'ions focalisé.

10 Le procédé de gravure précité est avantageusement utilisé pour l'enregistrement magnétique ou magnéto-optique ultra-haute densité d'informations binaires, et notamment pour l'élaboration de matériaux magnétiques discrets, de circuits de mémoires magnétiques, ou de circuits logiques à commande magnétique.

15 En particulier, le procédé précité présente l'avantage de permettre d'écrire des domaines magnétiques de taille très inférieure à 100 nm, de position et géométrie parfaitement définies et donc de maximiser le rapport signal sur bruit et d'optimiser les problèmes de suivi de piste, tout en conservant une rugosité de surface parfaitement contrôlée.

20 Egalement, le procédé proposé par l'invention est avantageusement utilisé pour réaliser un enregistrement optique de type à mémoire morte (CDROM, DVDROM,...)

25 On sait en effet que les techniques d'enregistrement optique en champ proche devront probablement utiliser des matériaux d'inscription lisses, avec une tête de lecture volant à quelques nm au-dessus dudit matériau (30 nm pour un disque dur actuellement). Or les techniques actuelles d'enregistrement optique de type à mémoire morte, ne sont pas satisfaisantes : les méthodes de pressage à partir de matrices peuvent donner des tailles inférieures à 100 nm, mais le support d'enregistrement qui est obtenu est rugueux ; les méthodes d'écriture par faisceau laser focalisé (ablation, changement de phase) ne permettent pas quant à elles de
30 travailler avec des tailles de bit de l'ordre de ou inférieures à 100 nm.

D'autres applications que l'enregistrement d'informations binaires sont envisageables. Notamment, le procédé de gravure magnétique proposé par l'invention est avantageusement utilisé pour la réalisation de circuits optiques à commande magnétique (réseaux diffractants, matériaux à gap photonique, ...) utilisant une variation contrôlée de la composante d'indice optique liée au magnétisme, pour la réalisation de capteurs (têtes de lecture de disque dur,...), ou de circuits mémoire magnétiques (mémoire à effet Hall extraordinaire, mémoire magnétorésistive, mémoire à effet tunnel dépendant du spin).

En particulier, on sait que l'émergence des matériaux à gap photonique ouvre la voie à la réalisation de dispositifs optiques et qu'un des aspects à résoudre sera celui de la commande du dispositif. Le procédé proposé par l'invention permet, par irradiation à travers un masque, de fabriquer un film guide d'onde en matériau non magnétique, comprenant un réseau régulier de motifs magnétiques (cristal photonique) d'indice optique à la fois légèrement différent de celui du matériau hôte, et commandable par effet magnétique.

De façon générale, le procédé proposé par l'invention peut s'appliquer à chaque fois qu'il est intéressant de définir avec précision un élément magnétique tout en conservant une très grande planéité du dispositif (par exemple pour favoriser une croissance ultérieure).

Le procédé proposé par l'invention peut aussi être utilisé pour graver magnétiquement une couche déjà enterrée sous d'autres couches non sensibles, en ajustant les conditions d'irradiation. Par exemple, et à titre non limitatif, on peut réaliser des circuits électriques gravés dans un même matériau magnétique en film mince, et dont seule la partie importante sera gardée magnétique, les pistes de contact ayant été rendues inactives par irradiation ; on peut affaiblir de manière contrôlée le champ coercitif d'une zone donnée d'un échantillon, de façon à garantir que le retournement de l'aimantation se produira toujours dans les mêmes conditions, à partir du même site.

Le procédé proposé par l'invention peut à priori s'adapter à tout matériau pour lequel une variation minime de l'arrangement atomique local peut conduire à une modification importante des propriétés magnétiques, c'est à dire aux alliages de

métaux de transition (ex : CoPt, NiFe, ...), aux alliages terres rares/métaux de transition (ex : TbFeCo, etc...) et aux multicouches magnétiques (ex : Co/Pt, Fe/Tb, ...), sans que cette liste soit limitative.

Les multicouches Co/Pt sont des matériaux potentiellement intéressants pour
5 l'enregistrement magnéto-optique à courte longueur d'onde en lumière bleue.

DESCRIPTION D'UN OU PLUSIEURS EXEMPLES DE MISE EN OEUVRE

10 Le procédé de gravure magnétique par irradiation est décrit ci-dessous dans le cas de multicouches magnétiques irradiées par un faisceau d'ions et met en œuvre plusieurs étapes selon lesquelles :

- (i) on contrôle avec précision la composition et la rugosité
interfaciale et en surface des couches avant irradiation ;
- 15 - (ii) on irradie la structure multicouches par un faisceau ionique en contrôlant la modification structurale induite par le faisceau ; en particulier, on contrôle la densité d'énergie déposée par le faisceau, par l'intermédiaire du choix de la masse et de l'énergie des ions incidents ;
- (iii) éventuellement, on complète l'irradiation par un recuit
20 thermique approprié pour relaxer des contraintes et/ou induire une mise en ordre locale.

Dans le cas des matériaux magnétiques, les effets du procédé sont importants sur des alliages (alliages de métaux de transition, alliages de terres rares et terres rares-métaux de transition), et sur les empilements multicouches de tous types.

25 Le procédé est avantageusement mis en œuvre avec des multicouches Co/Pt. On notera que ces matériaux ont déjà été très étudiés pour leurs propriétés d'une part d'anisotropie magnétique perpendiculaire et d'autre part de fort effet Kerr magnéto-optique ; ils constituent donc des candidats intéressants pour l'enregistrement magnéto-optique.

30 Dans les matériaux à base de couches ultraminces, les propriétés sont dominées par la compétition entre les effets d'interfaces et les propriétés de volume.

La direction de facile aimantation par exemple est donnée par le signe d'un coefficient d'anisotropie effectif K_{eff} , qui au premier ordre s'écrit :

$$K_{eff} = -K_d + K_v + \frac{(K_{s1} + K_{s2})}{t_{Co}}$$

Le premier terme représente l'anisotropie dipolaire de forme ($K_d > 0$), le
 5 deuxième l'anisotropie de volume ($K_v > 0$ pour le Co), et le dernier est dû aux
 interfaces ($K_s > 0$ dans le cas de l'interface Co/Pt), dont l'influence varie comme
 l'inverse de l'épaisseur t_{Co} de Co (K_{s1} et K_{s2} désignant les coefficients d'anisotropie
 magnétique des deux interfaces du film de Co. Selon le signe de K_{eff} , l'axe de facile
 10 aimantation est soit l'axe perpendiculaire au plan des couches ($K_{eff} > 0$), soit le plan
 du film. La configuration perpendiculaire s'impose pour l'enregistrement magnéto-
 optique, et deviendra probablement la norme pour l'enregistrement magnétique ultra-
 haute densité, toutes techniques confondues.

On se limite préférentiellement à des irradiations conduisant à des dépôts
 d'énergie faibles (faible nombre de déplacements atomiques aux interfaces qui nous
 15 intéressent). Ceci peut être réalisé par exemple par des ions légers (ex : He^+) à basse
 énergie (quelques keV à la centaine de keV) ou bien par des ions lourds (ex : masse
 de l'ordre de 100) à des énergies relativement élevées (typiquement le MeV).
 L'irradiation modifie d'abord la composition de l'interface, et donc en particulier
 l'anisotropie. Pour les films les plus minces (1 ou 2 plans atomiques), ou pour des
 20 doses plus élevées, on modifie aussi (par transfert d'atomes d'une couche à l'autre) la
 composition du film, donc son magnétisme de volume : dans le cas particulier du
 Co/Pt, la température de Curie de l'alliage CoPt diminue avec la concentration en Pt,
 pour devenir inférieure à la température ambiante vers 75% de Pt.

Les inventeurs ont, par exemple, rendu paramagnétique à température
 25 ordinaire, de manière contrôlée, des échantillons avec une épaisseur t_{Co} de 0,5 nm,
 en irradiant à une dose (très faible) de 10^{15} ions/cm² avec des ions Kr^+ accélérés à
 300 keV, comme avec des ions He^+ de 30 keV à une dose de 10^{16} ions/cm².

Les effets de l'irradiation ont d'abord été caractérisés sur des sandwichs simples Pt(3,4nm)/Co(tCo)/Pt(6,5nm)/substrat amorphe (silice polie Herasil, SiO₂/Si, Si₃N₄/Si), déposés par pulvérisation cathodique.

5 Avec la technique de dépôt utilisée, on obtient avant irradiation des films magnétiques à axe de facile aimantation perpendiculaire et cycle d'hystérésis polaire parfaitement carré (100% d'aimantation rémanente) dans la gamme d'épaisseur de Co : 0,3-1,2 nm.

L'irradiation de ces échantillons à des fluences d'ions He⁺ jusque vers 2 10¹⁵ atomes/cm², accélérés à des énergies comprises entre 5 et 100 keV permet
10 effectivement d'ajuster les propriétés magnétiques d'une couche ultramince de Co :

1. sur des couches d'épaisseur 0,5 nm (environ 2,25 plans atomiques), l'effet principal est une baisse de la température de Curie, qui peut descendre en dessous de la température ambiante pour une dose de l'ordre de 2 10¹⁶ ions par cm². Jusque-là, le film garde un axe de facile aimantation perpendiculaire et
15 un cycle carré, mais dont le champ coercitif diminue régulièrement quand on augmente la dose d'irradiation. Des cycles d'aimantation carrés avec des coercivités de quelques Oe ont été obtenus. Des applications intéressantes pour la réalisation de capteurs en champ faible peuvent être envisagées.

2. sur des échantillons d'épaisseur 1 nm (environ 5 plans atomiques),
20 l'effet principal de l'irradiation est un basculement de l'axe de facile aimantation dans le plan du film, lié à un affaiblissement du terme d'anisotropie d'interface K_s. L'effet est obtenu pour des doses faibles, parce que l'épaisseur initiale est proche de celle (1,2 nm) où l'effet de basculement se produit dans les échantillons d'origine.

25 3. sur des échantillons d'épaisseur intermédiaire (0,8 nm, soit 4 plans atomiques), les mêmes doses ne donnent aucun effet visible sur le cycle d'hystérésis : à ces épaisseurs, la température de Curie est déjà très élevée (proche de celle du Co massif), donc peu sensible à des modifications faibles de l'interface, et on est aussi très éloigné de l'épaisseur naturelle de basculement de
30 l'axe de facile aimantation. Ceci constitue une caractéristique intéressante du procédé, puisqu'elle permet d'une part d'irradier une bicouche en ne modifiant

qu'une seule des couches et d'autre part de travailler à des doses plus fortes et plus favorables à l'homogénéité.

Il convient de noter que l'énergie d'accélération des ions a une influence moindre sur la modification des propriétés magnétiques que sur la répartition en
5 profondeur du taux de déplacements dans le matériau. Ceci peut permettre la mise en oeuvre du procédé dans des couches minces enterrées à des profondeurs nettement plus grandes que celles utilisées dans l'exemple de démonstration.

Une caractéristique essentielle du procédé proposé est que, si l'effet de l'irradiation sur le magnétisme est important, son effet sur la réflectivité optique de
10 l'échantillon reste faible.

Le contraste est invisible à l'œil nu, et à peine visible dans un bon microscope (contraste comparable à celui d'une paroi de domaine dans un échantillon Pt/Co/Pt). La faiblesse de l'effet optique est liée à la faiblesse des modifications structurales induites.

15 Des essais sur des empilements multicouches (Pt/Co)_n/Pt ont également été mis en oeuvre. Les structures de ces multicouches (épaisseurs, nombre de périodes Co/Pt) ont été choisies autour des valeurs habituellement utilisées pour les supports d'enregistrement magnéto-optique. Par rapport à l'image simple de la variation d'anisotropie avec l'épaisseur de Co, exposée ci dessus pour les films simples, les
20 effets de l'irradiation sur les propriétés magnétiques sont rendus plus complexes dans les multicouches par l'interaction magnétique entre les couches, qui peut être soit d'origine dipolaire, soit une interaction d'échange portée par les électrons de conduction du platine. Cette dernière interaction, qui se traduit même par un ferromagnétisme du Pt pour les couches d'interface, contribue à renforcer la
25 température de Curie des multicouches, surtout quand l'épaisseur de Co est très faible. La présence de ces deux interactions conduit aussi à l'existence d'un domaine d'épaisseur de Co assez étendu où le système se décompose en domaines magnétiques réguliers au sein desquels l'aimantation est perpendiculaire (configuration de domaines "en rubans"), même pour des valeurs de K_{eff} faiblement
30 négatives où l'on attendrait un plan de facile aimantation.

Les essais ont été effectués sur deux séries d'échantillons, de même épaisseur de Co (donc même anisotropie de couche unique) et nombre de périodes, et différents par l'épaisseur de la couche de séparation en Pt.

série A : Pt(2nm)/[Pt(1.4nm)/Co(0.3nm)]₆/Pt(6.5nm)

5

série B : Pt(2nm)/[Pt(0.6nm)/Co(0.3nm)]₆/Pt(6.5nm)

Dans le cas de la série B, la concentration en Pt de l'alliage après une interdiffusion totale serait de l'ordre de 66% (alliage ferromagnétique), alors qu'elle serait de 82% pour la série A, (alliage non magnétique). En contrepartie, dans la série B, où l'intercalaire de-Pt est plus mince, les couches de Co sont plus fortement en interaction, ce qui rend a priori plus facile à obtenir la configuration en domaines "en rubans", puis le plan facile d'aimantation, par une diminution de l'anisotropie.

Dans la plage des doses testées (jusqu'à 10^{16} pour la série A, et $2.6 \cdot 10^{16}$ pour la série B), les résultats d'irradiation montrent qualitativement les mêmes effets pour les deux séries : passage progressif (et facilement contrôlable) d'un axe de facile aimantation perpendiculaire (avec un cycle d'hystérésis parfaitement carré dont le champ coercitif diminue avec la dose d'irradiation), à une configuration de domaines "en rubans", puis à un plan de facile aimantation. Comme justifié ci-dessus, ce basculement se fait à dose plus faible pour la série B ($3 \cdot 10^{15}$ contre $6 \cdot 10^{15}$ ions/cm²). Aux doses utilisées tous les échantillons sont restés ferromagnétiques à température ambiante.

Dans tous les cas décrits ci-dessus, aucune variation de la rugosité de surface de l'échantillon n'a pu être détectée par AFM sous air, pour des rugosités de départ pourtant extrêmement faibles, de l'ordre de 0,2 nm rms.

Des essais avec irradiation à travers un masque de résine ont également été mis en œuvre.

Sur des échantillons sandwiches simples Pt(3,4nm)/Co(0,5nm)/Pt(6,5nm) /Herasil, deux types de résine ont été testées :

1. Une résine négative Shipley, adaptée à la lithographie submicronique par lithographie par rayons X. La résine avait été déposée en couche épaisse (0.8 μ m) sur la moitié seulement d'un échantillon, et recuite ensuite dans les conditions

habituelles. L'ensemble de l'échantillon a alors été irradié, et la résine enlevée, toujours dans les conditions habituelles (bain de trichloroéthylène chaud).

La partie non protégée par la résine reproduit les effets de l'irradiation décrits plus haut, tandis que la partie protégée ne montre aucune évolution de ses propriétés.

5 En principe, suivant des processus déjà mis au point par ailleurs, l'utilisation de la même résine, mais avec une étape de lithographie X en plus pour y définir un réseau de trous, doit permettre d'obtenir au minimum des réseaux de bits magnétiquement gravés de dimensions $0,2 \mu\text{m}$ espacés de $0,2 \mu\text{m}$, soit une densité d'enregistrement de 25 bits par μm^2 , près de 20 fois supérieure aux densités actuelles.

10 2. une résine positive PMMA, adaptée à la lithographie électronique. La résine a été déposée en couche de l'ordre de $0,85 \mu\text{m}$ d'épaisseur, et non recuite dans ce cas, ce qui peut avoir une influence sur la qualité des bords de motifs. Aux conditions de recuit standard de cette résine (160°C , 30 mn), des effets commencent à apparaître sur les échantillons, mais des recuits d'aussi bonne qualité sont possibles
15 à des températures plus basses ($<120^\circ\text{C}$), auxquelles les échantillons sont insensibles). Les échantillons ont ensuite subi une étape de lithographie électronique, pour définir en creux dans la résine un réseau de lignes de $1 \mu\text{m}$ de large, séparées de $1 \mu\text{m}$, sur une surface de $800 \times 800 \mu\text{m}^2$. La totalité de l'échantillon est alors irradiée, et la résine enlevée dans les conditions standard. L'observation en microscopie
20 magnéto-optique montre que, à la dose d'irradiation choisie (10^{16} atomes/ cm^2), la partie irradiée devient paramagnétique à température ambiante (cet état présente l'avantage de supprimer le couplage entre zones magnétiques). La partie protégée par la résine reste aimantée perpendiculairement, avec un cycle carré similaire à celui de l'échantillon d'origine.

25 Sur une multicouche $\text{Pt}(2\text{nm})/[\text{Pt}(0.6\text{nm})/\text{Co}(0.3\text{nm})]_6/\text{Pt}(6.5\text{nm})$ de la série B, le même processus de lithographie électronique que ci-dessus a été appliqué pour créer le même réseau de lignes, suivi par une irradiation à la dose de 2×10^{15} atomes/ cm^2 . Mais, contrairement au cas de la couche simple de $0,5 \text{ nm}$ de Co, les deux parties (partie protégée et partie irradiée) gardent une aimantation
30 perpendiculaire et un cycle carré, avec toutefois un champ coercitif plus faible pour la partie irradiée. Effectivement, l'observation en microscopie magnéto-optique

montre bien un retournement de l'aimantation en champ appliqué inverse après saturation, qui se fait d'abord dans les lignes irradiées, puis se propage dans les parties non irradiées (lignes et film à l'extérieur du réseau). Dans la zone intermédiaire, on obtient donc des domaines magnétiques artificiellement créés par lithographie. Des essais ont ensuite été faits en microscopie magnéto-optique en champ proche, qui ont permis de voir ces domaines artificiels avec une très grande précision. Ceci démontre par conséquent la faisabilité du procédé proposé à l'enregistrement "contact". En contrepartie, sur des échantillons similaires, mais gravés par ablation de matière, la même technique de microscopie en champ proche ne voit que les effets de diffraction.

Il faut noter que, après irradiation, la résine PMMA s'enlève plus difficilement. Il reste des résidus le long des motifs, qui donnent une rugosité et un faible contraste optique d'origine non magnétique, ce qui nécessite une procédure de décapage supplémentaire en "plasma oxygène" (procédure tout à fait connue en micro-technologies).

Enfin, avec la précision de la lithographie électronique en résine PMMA, nous pouvons espérer atteindre des dimensions de bits inférieures à 100nm, soit une densité supérieure à 100 bits/ μm^2 .

Les techniques du type de celles qui viennent d'être décrites sont avantageusement utilisées pour la fabrication de couches comportant des structures magnétiques enterrées, notamment pour la réalisation de supports d'enregistrement magnétiquement structurés, ou de dispositifs magnéto-électroniques tels que des mémoires M-RAM, logiques, etc.

Elles permettent une gravure magnétique planaire de couches magnétiques enterrées, qui ne modifie pas la rugosité de surface du matériau, et permet de contrôler les variations de propriétés optiques pour par exemple les rendre négligeables.

Ces techniques sont utilisables pour l'industrialisation de masse.

En utilisant des ions légers, ceux-ci, qui n'ont aucun effet de gravure, vont s'implanter profondément dans le substrat, très au dessous de la couche,

Le paramètre est alors l'énergie déposée par l'ion le long de la trajectoire – et non pas les cascades de défauts engendrés par des ions lourds – ce qui permet un excellent contrôle des modifications électromagnétiques, pour des doses élevées, ce qui donne un effet homogène.

- 5 Par ailleurs, avec la technique proposée, on obtient intrinsèquement une zone de facile nucléation, due au retournement de l'aimantation) et liée à des phénomènes se produisant en bordure de zone irradiée. Ceci est un atout important pour contrôler et uniformiser le champ de retournement de l'aimantation dans une assemblée de « particules » magnétiques, soit pour matériau support d'enregistrement, soit pour
- 10 une puce mémoire ou logique, sans limitation.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de gravure magnétique, caractérisé en ce qu'on irradie de façon contrôlée un matériau en couches minces pour modifier localement, sur des zones d'une largeur de l'ordre du micromètre ou inférieure, les propriétés magnétiques dudit matériau, telles que notamment sa coercivité, son anisotropie magnétique ou sa température de Curie.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on irradie au moyen d'un faisceau d'ions.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on irradie à travers un masque de résine.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on irradie au moyen d'un faisceau d'ions focalisé.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche gravée par irradiation est enterrée sous d'autres couches.

6. Procédé d'enregistrement magnétique ou magnéto-optique d'informations binaires, notamment d'élaboration de matériaux magnétiques discrets, de circuits de mémoires magnétiques, ou de circuits logiques à commande magnétique, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé de gravure magnétique selon l'une des revendications précédentes.

7. Procédé d'enregistrement optique de type à mémoire morte, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé de gravure magnétique selon l'une des revendications 1 à 5.

8. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que le matériau d'enregistrement est un multicouche Co/Pt.

9. Procédé de réalisation de circuits optiques à commande magnétique utilisant une variation contrôlée de la composante d'indice optique liée au magnétisme, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé de gravure magnétique selon l'une des revendications 1 à 5.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on réalise, par irradiation à travers un masque, un film guide d'onde en matériau non magnétique, comprenant un réseau régulier de motifs magnétiques.

REPLACED BY
ART 34 AMDTCLAIMS

1. Magnetic etching process, characterized in that
a thin-film material is controllably irradiated in
5 order to locally modify, over regions having a width of
the order of one micrometer or less, the magnetic
properties of said material, such as, in particular,
its coercivity, its magnetic anisotropy or its Curie
temperature.
- 10 2. Process according to claim 1, characterized in
that the irradiation is carried out by means of an ion
beam.
3. Process according to claim 2, characterized in
that the irradiation is carried out through a resin
15 mask.
4. Process according to claim 2, characterized in
that the irradiation is carried out by means of a
focused ion beam.
5. Process according to one of the preceding
20 claims, characterized in that the layer etched by
irradiation is buried beneath other layers.
6. Process for the magnetic or magnetooptic
recording of binary information, especially for the
production of discrete magnetic materials, of magnetic
25 memory circuits or of magnetically-controllable logic
circuits, characterized in that it employs a magnetic
etching process according to one of the preceding
claims.
7. Optical recording process of the read-only
30 memory type, characterized in that it employs a
magnetic etching process according to one of claims 1
to 5.
8. Process according to either of claims 6 and 7,
characterized in that the recording material is a Co/Pt
35 multilayer.
9. Process for producing magnetically-controllable
optical circuits using a controlled variation of the

optical index component associated with magnetism, characterized in that it employs a magnetic etching process according to one of claims 1 to 5.

10. Process according to claim 9, characterized in
5 that a waveguide film made of nonmagnetic material, comprising a regular array of magnetic units, is produced by irradiation through a mask.

PCT

REQUETE

Le soussigné requiert que la présente demande internationale soit traitée conformément au Traité de coopération en matière de brevets.

Réservé à l'office récepteur

Demande internationale n°

Date du dépôt international

Nom de l'office récepteur et "Demande internationale PCT"

Référence du dossier du déposant ou du mandataire (facultatif)
(12 caractères au maximum) 339602/17244

Cadre n° I TITRE DE L'INVENTION PROCEDE DE GRAVURE MAGNETIQUE, POUR NOTAMMENT L'ENREGISTREMENT MAGNETIQUE OU MAGNETO-OPTIQUE

Cadre n° II DEPOSANT

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)
3 Rue Michel Ange
75794 PARIS CEDEX 16
FRANCE

☐ Cette personne est aussi inventeur.

n° de téléphone

n° de télécopieur

n° de téléimprimeur

Nationalité (nom de l'Etat) :
FR

Domicile (nom de l'Etat) :
FR

Cette personne est déposant pour : ☐ tous les Etats désignés ☒ tous les Etats désignés sauf les Etats-Unis d'Amérique ☐ les Etats-Unis d'Amérique seulement ☐ les Etats indiqués dans le cadre supplémentaire

Cadre n° III AUTRE(S) DEPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

CHAPPERT Claude
1 Rue des Cliquets
92380 GARCHES
FRANCE

Cette personne est :

☐ déposant seulement

☒ déposant et inventeur

☐ inventeur seulement
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'Etat) :
FR

Domicile (nom de l'Etat) :
FR

Cette personne est déposant pour : ☐ tous les Etats désignés ☐ tous les Etats désignés sauf les Etats-Unis d'Amérique ☒ les Etats-Unis d'Amérique seulement ☐ les Etats indiqués dans le cadre supplémentaire

☒ D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une feuille annexe.

Cadre n° IV MANDATAIRE OU REPRESENTANT COMMUN; OU ADRESSE POUR LA CORRESPONDANCE

La personne dont l'identité est donnée ci-dessous est/a été désignée pour agir au nom du ou des déposants auprès des autorités internationales compétentes, comme:

☒ mandataire ☐ représentant commun

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

MARTIN Jean-Jacques, SCHRIMPF Robert, AHNER Francis
WARCOIN Jacques, TEXIER Christian, LE FORESTIER Eric
CABINET REGIMBEAU
26 Avenue Kléber
75116 PARIS
FRANCE

n° de téléphone

01 45 00 92 02

n° de télécopieur

01 45 00 46 12

n° de téléimprimeur

☐ Adresse pour la correspondance : cocher cette case lorsque aucun mandataire ni représentant commun n'est/n'a été désigné et que l'espace ci-dessus est utilisé pour indiquer une adresse spéciale à laquelle la correspondance doit être envoyée.

Suite du cadre n° III AUTRE(S) DEPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)	
<i>Si aucun des sous-cadres suivants n'est utilisé, cette feuille ne doit pas être incluse dans la requête.</i>	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p> <p>BERNAS Harry 23 Rue Louis Morard 75014 PARIS FRANCE</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i></p>
Nationalité (nom de l'Etat) : FR	Domicile (nom de l'Etat) : FR
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés sauf les Etats-Unis d'Amérique <input checked="" type="checkbox"/> les Etats-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les Etats indiqués dans le cadre supplémentaire	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p> <p>FERRE Jacques 17 Allée du Moulin de Migneaux 91370 VERRIERES-LE-BUISSON FRANCE</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i></p>
Nationalité (nom de l'Etat) : FR	Domicile (nom de l'Etat) : FR
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés sauf les Etats-Unis d'Amérique <input checked="" type="checkbox"/> les Etats-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les Etats indiqués dans le cadre supplémentaire	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i></p>
Nationalité (nom de l'Etat) :	Domicile (nom de l'Etat) :
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés sauf les Etats-Unis d'Amérique <input type="checkbox"/> les Etats-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les Etats indiqués dans le cadre supplémentaire	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i></p>
Nationalité (nom de l'Etat) :	Domicile (nom de l'Etat) :
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés <input type="checkbox"/> tous les Etats désignés sauf les Etats-Unis d'Amérique <input type="checkbox"/> les Etats-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les Etats indiqués dans le cadre supplémentaire	
<input type="checkbox"/> D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une autre feuille annexe.	

Cadre n° V DÉSIGNATION D'ÉTATS

Les désignations suivantes sont faites conformément à la règle 4.9.a) (cocher les cases appropriées, une au moins doit l'être)

Brevet régional

- ☒ AP Brevet ARIPO : GH Ghana, GM Gambie, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Soudan, SZ Swaziland, UG Ouganda, ZW Zimbabwe et tout autre État qui est un État contractant du Protocole de Harare et du PCT
- ☒ EA Brevet eurasien : AM Arménie, AZ Azerbaïdjan, BY Bélarus, KG Kirghizistan, KZ Kazakhstan, MD République de Moldova, RU Fédération de Russie, TJ Tadjikistan, TM Turkménistan et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet eurasien et du PCT
- ☒ EP Brevet européen : AT Autriche, BE Belgique, CH et LI Suisse et Liechtenstein, CY Chypre, DE Allemagne, DK Danemark, ES Espagne, FI Finlande, FR France, GB Royaume-Uni, GR Grèce, IE Irlande, IT Italie, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Pays-Bas, PT Portugal, SE Suède et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet européen et du PCT
- ☒ OA Brevet OAPI : BF Burkina Faso, BJ Bénin, CF République centrafricaine, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroun, GA Gabon, GN Guinée, GW Guinée-Bissau, ML Mali, MR Mauritanie, NE Niger, SN Sénégal, TD Tchad, TG Togo et tout autre État qui est un État membre de l'OAPI et un État contractant du PCT (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée)

Brevet national (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> AL Albanie | <input checked="" type="checkbox"/> LS Lesotho |
| <input checked="" type="checkbox"/> AM Arménie | <input checked="" type="checkbox"/> LT Lituanie |
| <input checked="" type="checkbox"/> AT Autriche | <input checked="" type="checkbox"/> LU Luxembourg |
| <input checked="" type="checkbox"/> AU Australie | <input checked="" type="checkbox"/> LV Lettonie |
| <input checked="" type="checkbox"/> AZ Azerbaïdjan | <input checked="" type="checkbox"/> MD République de Moldova |
| <input checked="" type="checkbox"/> BA Bosnie-Herzégovine | <input checked="" type="checkbox"/> MG Madagascar |
| <input checked="" type="checkbox"/> BB Barbade | <input checked="" type="checkbox"/> MK Ex-République yougoslave de Macédoine |
| <input checked="" type="checkbox"/> BG Bulgarie | <input checked="" type="checkbox"/> MN Mongolie |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brésil | <input checked="" type="checkbox"/> MW Malawi |
| <input checked="" type="checkbox"/> BY Bélarus | <input checked="" type="checkbox"/> MX Mexique |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Canada | <input checked="" type="checkbox"/> NO Norvège |
| <input checked="" type="checkbox"/> CH et LI Suisse et Liechtenstein | <input checked="" type="checkbox"/> NZ Nouvelle-Zélande |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN Chine | <input checked="" type="checkbox"/> PL Pologne |
| <input checked="" type="checkbox"/> CU Cuba | <input checked="" type="checkbox"/> PT Portugal |
| <input checked="" type="checkbox"/> CZ République tchèque | <input checked="" type="checkbox"/> RO Roumanie |
| <input checked="" type="checkbox"/> DE Allemagne | <input checked="" type="checkbox"/> RU Fédération de Russie |
| <input checked="" type="checkbox"/> DK Danemark | <input checked="" type="checkbox"/> SD Soudan |
| <input checked="" type="checkbox"/> EE Estonie | <input checked="" type="checkbox"/> SE Suède |
| <input checked="" type="checkbox"/> ES Espagne | <input checked="" type="checkbox"/> SG Singapour |
| <input checked="" type="checkbox"/> FI Finlande | <input checked="" type="checkbox"/> SI Slovénie |
| <input checked="" type="checkbox"/> GB Royaume-Uni | <input checked="" type="checkbox"/> SK Slovaquie |
| <input checked="" type="checkbox"/> GD Grenade | <input checked="" type="checkbox"/> SL Sierra Leone |
| <input checked="" type="checkbox"/> GE Géorgie | <input checked="" type="checkbox"/> TJ Tadjikistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> GH Ghana | <input checked="" type="checkbox"/> TM Turkménistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> GM Gambie | <input checked="" type="checkbox"/> TR Turquie |
| <input checked="" type="checkbox"/> HR Croatie | <input checked="" type="checkbox"/> TT Trinité-et-Tobago |
| <input checked="" type="checkbox"/> HU Hongrie | <input checked="" type="checkbox"/> UA Ukraine |
| <input checked="" type="checkbox"/> ID Indonésie | <input checked="" type="checkbox"/> UG Ouganda |
| <input checked="" type="checkbox"/> IL Israël | <input checked="" type="checkbox"/> US États-Unis d'Amérique |
| <input checked="" type="checkbox"/> IN Inde | |
| <input checked="" type="checkbox"/> IS Islande | |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japon | <input checked="" type="checkbox"/> UZ Ouzbékistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> KE Kenya | <input checked="" type="checkbox"/> VN Viet Nam |
| <input checked="" type="checkbox"/> KG Kirghizistan | <input checked="" type="checkbox"/> YU Yougoslavie |
| <input checked="" type="checkbox"/> KP République populaire démocratique de Corée | <input checked="" type="checkbox"/> ZW Zimbabwe |
| <input checked="" type="checkbox"/> KR République de Corée | |
| <input checked="" type="checkbox"/> KZ Kazakhstan | |
| <input checked="" type="checkbox"/> LC Sainte-Lucie | |
| <input checked="" type="checkbox"/> LK Sri Lanka | |
| <input checked="" type="checkbox"/> LR Libéria | |

Cases réservées pour la désignation (aux fins d'un brevet national) d'États qui sont devenus parties au PCT après la publication de la présente feuille :

☐☐☐

Déclaration concernant les désignations de précaution : outre les désignations faites ci-dessus, le déposant fait aussi conformément à la règle 4.9.b) toutes les désignations qui seraient autorisées en vertu du PCT, à l'exception de toute désignation indiquée dans le cadre supplémentaire comme étant exclue de la portée de cette déclaration. Le déposant déclare que ces désignations additionnelles sont faites sous réserve de confirmation et que toute désignation qui n'est pas confirmée avant l'expiration d'un délai de 15 mois à compter de la date de priorité doit être considérée comme retirée par le déposant à l'expiration de ce délai. (Pour confirmer une désignation, il faut déposer une déclaration contenant la désignation en question et payer les taxes de désignation et de confirmation. La confirmation doit parvenir à l'office récepteur dans le délai de 15 mois.)

Cadre n° VI REVENDECTION DE PRIORITE				
<input type="checkbox"/> D'autres revendications de priorité sont indiquées dans le cadre supplémentaire.				
Date de dépôt de la demande antérieure (jour/mois/année)	Numéro de la demande antérieure	Lorsque la demande antérieure est une :		
		demande nationale : pays	demande régionale : * office régional	demande internationale : office récepteur
(1) 12 JANVIER 1998 (12/01/98)	98 00199	FRANCE		
(2)				
(3)				

☒ L'office récepteur est prié de préparer et de transmettre au Bureau international une copie certifiée conforme de la ou des demandes antérieures (seulement si la demande antérieure a été déposée auprès de l'office qui, aux fins de la présente demande internationale, est l'office récepteur) indiquées ci-dessus au(x) point(s) : VI

* Si la demande antérieure est une demande ARIPO, il est obligatoire d'indiquer dans le cadre supplémentaire au moins un pays partie à la Convention de Paris pour la protection de la propriété industrielle pour lequel cette demande antérieure a été déposée (règle 4.10.b)ii). Voir le cadre supplémentaire.

Cadre n° VII ADMINISTRATION CHARGÉE DE LA RECHERCHE INTERNATIONALE			
Choix de l'administration chargée de la recherche internationale (ISA) (si plusieurs administrations chargées de la recherche internationale sont compétentes pour procéder à la recherche internationale, indiquer l'administration choisie; le code à deux lettres peut être utilisé) : ISA / EP	Demande d'utilisation des résultats d'une recherche antérieure; mention de cette recherche (si une recherche antérieure a été effectuée par l'administration chargée de la recherche internationale ou demandée à cette dernière) : Date (jour/mois/année) Numéro Pays (ou office régional) 30 OCTOBRE 1998 FA 555559 OEB		

Cadre n° VIII BORDEREAU; LANGUE DE DEPOT	
La présente demande internationale contient le nombre de feuilles suivant : requête : <u>4</u> description (sauf partie réservée au listage des séquences) : <u>14 page</u> revendications : <u>1 page</u> abrégé : <u>10 rec</u> dessins : <u>/</u> partie de la description réservée au listage des séquences : _____ Nombre total de feuilles : _____	Le ou les éléments cochés ci-après sont joints à la présente demande internationale : 1. <input type="checkbox"/> feuille de calcul des taxes 2. <input type="checkbox"/> pouvoir distinct signé <u>à suivre (2)</u> 3. <input type="checkbox"/> copie du pouvoir général; numéro de référence, le cas échéant : 4. <input type="checkbox"/> explication de l'absence d'une signature 5. <input checked="" type="checkbox"/> document(s) de priorité indiqué(s) dans le cadre n° VI au(x) point(s) : 6. <input type="checkbox"/> traduction de la demande internationale en (langue) : 7. <input type="checkbox"/> indications séparées concernant des micro-organismes ou autre matériel biologique déposés 8. <input type="checkbox"/> listage des séquences de nucléotides ou d'acides aminés sous forme déchiffrable par ordinateur 9. <input checked="" type="checkbox"/> autres éléments (préciser) : <u>Copie du Rapport de Recherche</u>
Figure des dessins qui doit accompagner l'abrégé :	Langue de dépôt de la demande internationale : <u>Français</u>

Cadre n° IX SIGNATURE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE	
A côté de chaque signature, indiquer le nom du signataire et, si cela n'apparaît pas clairement à la lecture de la requête, à quel titre l'intéressé signe.	
<div style="text-align: center;"> SCHRIMPF Robert </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CABINET REGIMBEAU <small>CONSEILS EN PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE</small> 26, Avenue Kléber 75116 PARIS FRANCE </div>

Réservé à l'office récepteur	
1. Date effective de réception des pièces supposées constituer la demande internationale :	2. Dessins : <input type="checkbox"/> reçus : <input type="checkbox"/> non reçus :
3. Date effective de réception, rectifiée en raison de la réception ultérieure, mais dans les délais, de documents ou de dessins complétant ce qui est supposé constituer la demande internationale :	
4. Date de réception, dans les délais, des corrections demandées selon l'article 11.2) du PCT :	
5. Administration chargée de la recherche internationale (si plusieurs sont compétentes) : <u>ISA /</u>	6. <input type="checkbox"/> Transmission de la copie de recherche différée jusqu'au paiement de la taxe de recherche.

Réservé au Bureau international	
Date de réception de l'exemplaire original par le Bureau international :	

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 339602/17244	POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après A DONNER	
Demande internationale n° PCT/FR 99/ 00043	Date du dépôt international(jour/mois/année) 12/01/1999	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 12/01/1998
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIF. . .et al.		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.



Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.



la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :



contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.



déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.



remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.



remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.



La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.



La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le **titre**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.



Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégé**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant



le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure **des dessins** à publier avec l'abrégé est la Figure n°



suggérée par le déposant.



parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.



parce que cette figure caractérise mieux l'invention.



Aucune des figures n'est à publier.

TRAITE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

NOTIFICATION DE LA RECEPTION DE
L'EXEMPLAIRE ORIGINAL

(règle 24.2a)

ARRIVEE LE

18.FEV.1999

CABINET
REGIMBEAU

Destinataire:

MARTIN, Jean-Jacques
Cabinet Regimbeau
26, avenue Kléber
F-75116 Paris
FRANCE

Date d'expédition (jour/mois/année) 10 février 1999 (10.02.99)	NOTIFICATION IMPORTANTE
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 339602/17244	Demande internationale no PCT/FR99/00043

Il est notifié au déposant que le Bureau international a reçu l'exemplaire original de la demande internationale précisée ci-après.

Nom(s) du ou des déposants et de l'Etat ou des Etats pour lesquels ils sont déposants:

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) (pour tous les Etats
désignés sauf US)
CHAPPERT, Claude etc. (pour US seulement)

Date du dépôt international : 12 janvier 1999 (12.01.99)

Date(s) de priorité revendiquée(s) : 12 janvier 1998 (12.01.98)

Date de réception de l'exemplaire original
par le Bureau international : 01 février 1999 (01.02.99)

Liste des offices désignés :

AP : GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW

EA : AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM

EP : AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE

OA : BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG

National : AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO,
NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW

ATTENTION

Le déposant doit soigneusement vérifier les indications figurant dans la présente notification. En cas de divergence entre ces indications et celles que contient la demande internationale, il doit aviser immédiatement le Bureau international.

En outre, l'attention du déposant est appelée sur les renseignements donnés dans l'annexe en ce qui concerne

- ☒ les délais dans lesquels doit être abordée la phase nationale
- ☐ la confirmation des désignations faites par mesure de précaution
- ☐ les exigences relatives aux documents de priorité.

Une copie de la présente notification est envoyée à l'office récepteur et à l'administration chargée de la recherche internationale.

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse n° de télécopieur (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé Philippe Bécamel n° de téléphone (41-22) 338.83.38
---	---

RENSEIGNEMENTS CONCERNANT LES DELAIS DANS LESQUELS DOIT ETRE ABORDEE LA PHASE NATIONALE

Il est rappelé au déposant qu'il doit aborder la "phase nationale" auprès de chacun des offices désignés indiqués sur la notification de la réception de l'exemplaire original (formulaire PCT/IB/301) en payant les taxes nationales et en remettant les traductions, telles qu'elles sont prescrites par les législations nationales.

Le délai d'accomplissement de ces actes de procédure est de **20 MOIS** à compter de la date de priorité ou, pour les Etats désignés qui ont été élus par le déposant dans une demande d'examen préliminaire international ou dans une élection ultérieure, de **30 MOIS** à compter de la date de priorité, à condition que cette élection ait été effectuée avant l'expiration du 19e mois à compter de la date de priorité. Certains offices désignés (ou élus) ont fixé des délais qui expirent au-delà de 20 ou 30 mois à compter de la date de priorité. D'autres offices accordent une prolongation des délais ou un délai de grâce, dans certains cas moyennant le paiement d'une taxe supplémentaire.

En plus de ces actes de procédure, le déposant devra dans certains cas satisfaire à d'autres exigences particulières applicables dans certains offices. **Il appartient au déposant** de veiller à remplir en temps voulu les conditions requises pour l'ouverture de la phase nationale. La majorité des offices désignés n'envoient pas de rappel à l'approche de la date limite pour aborder la phase nationale.

Des informations détaillées concernant les actes de procédure à accomplir pour aborder la phase nationale auprès de chaque office désigné, les délais applicables et la possibilité d'obtenir une prolongation des délais ou un délai de grâce et toutes autres conditions applicables figurent dans le volume II du Guide du déposant du PCT. Les exigences concernant le dépôt d'une demande d'examen préliminaire international sont exposées dans le chapitre IX du volume I du Guide du déposant du PCT.

GR et ES sont devenues liées par le chapitre II du PCT le 7 septembre 1996 et le 6 septembre 1997, respectivement, et peuvent donc être élues dans une demande d'examen préliminaire international ou dans une élection ultérieure présentée le 7 septembre 1996 (ou à une date postérieure) ou le 6 septembre 1997 (ou à une date postérieure), respectivement, quelle que soit la date de dépôt de la demande internationale (voir le second paragraphe, ci-dessus).

Veuillez noter que seul un déposant qui est ressortissant d'un Etat contractant du PCT lié par le chapitre II ou qui y a son domicile peut présenter une demande d'examen préliminaire international.

CONFIRMATION DES DESIGNATIONS FAITES PAR MESURE DE PRECAUTION

Seules les désignations expresses faites dans la requête conformément à la règle 4.9.a) figurent dans la présente notification. Il est important de vérifier si ces désignations ont été faites correctement. Des erreurs dans les désignations peuvent être corrigées lorsque des désignations ont été faites par mesure de précaution en vertu de la règle 4.9.b). Toute désignation ainsi faite peut être confirmée conformément aux dispositions de la règle 4.9.c) avant l'expiration d'un délai de 15 mois à compter de la date de priorité. En l'absence de confirmation, une désignation faite par mesure de précaution sera considérée comme retirée par le déposant. Il ne sera adressé aucun rappel ni invitation. Pour confirmer une désignation, il faut déposer une déclaration précisant l'Etat désigné concerné (avec l'indication de la forme de protection ou de traitement souhaitée) et payer les taxes de désignation et de confirmation. La confirmation doit parvenir à l'office récepteur dans le délai de 15 mois.

EXIGENCES RELATIVES AUX DOCUMENTS DE PRIORITE

Pour les déposants qui n'ont pas encore satisfait aux exigences relatives aux documents de priorité, il est rappelé ce qui suit.

Lorsque la priorité d'une demande nationale, régionale ou internationale antérieure est revendiquée, le déposant doit présenter une copie de cette demande antérieure, certifiée conforme par l'administration auprès de laquelle elle a été déposée ("document de priorité"), à l'office récepteur (qui la transmettra au Bureau international) ou directement au Bureau international, avant l'expiration d'un délai de 16 mois à compter de la date de priorité, étant entendu que tout document de priorité peut être présenté au Bureau international avant la date de publication de la demande internationale, auquel cas ce document sera réputé avoir été reçu par le Bureau international le dernier jour du délai de 16 mois (règle 17.1.a)).

Lorsque le document de priorité est délivré par l'office récepteur, le déposant peut, au lieu de présenter ce document, demander à l'office récepteur de le préparer et de le transmettre au Bureau international. La requête à cet effet doit être formulée avant l'expiration du délai de 16 mois et peut être soumise au paiement d'une taxe (règle 17.1.b)).

Si le document de priorité en question n'est pas fourni au Bureau international, ou si la demande adressée à l'office récepteur de préparer et de transmettre le document de priorité n'a pas été faite (et la taxe correspondante acquittée, le cas échéant) avant l'expiration du délai applicable mentionné aux paragraphes précédents, tout Etat désigné peut ne pas tenir compte de la revendication de priorité; toutefois, aucun office désigné ne peut décider de ne pas tenir compte de la revendication de priorité avant d'avoir donné au déposant la possibilité de remettre le document de priorité dans un délai raisonnable en l'espèce.

Lorsque plusieurs priorités sont revendiquées, la date de priorité à prendre en considération aux fins du calcul du délai de 16 mois est la date du dépôt de la demande la plus ancienne dont la priorité est revendiquée.

TRAITE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION RELATIVE
A LA PRESENTATION OU A LA TRANSMISSION
DU DOCUMENT DE PRIORITE

(instruction administrative 411 du PCT)

Expéditeur : le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

MARTIN, Jean-Jacques
Cabinet Regimbeau
26, avenue Kléber
F-75116 Paris
FRANCE

Date d'expédition (jour/mois/année) 10 février 1999 (10.02.99)	
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 339602/17244	NOTIFICATION IMPORTANTE
Demande internationale no PCT/FR99/00043	Date du dépôt international (jour/mois/année) 12 janvier 1999 (12.01.99)
Date de publication internationale (jour/mois/année) Pas encore publiée	Date de priorité (jour/mois/année) 12 janvier 1998 (12.01.98)
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) etc	

- La date de réception (sauf lorsque les lettres "NR" figurent dans la colonne de droite) par le Bureau international du ou des documents de priorité correspondant à la ou aux demandes énumérées ci-après est notifiée au déposant. Sauf indication contraire consistant en un astérisque figurant à côté d'une date de réception, ou les lettres "NR", dans la colonne de droite, le document de priorité en question a été présenté ou transmis au Bureau international d'une manière conforme à la règle 17.1.a) ou b).
- Ce formulaire met à jour et remplace toute notification relative à la présentation ou à la transmission du document de priorité qui a été envoyée précédemment.
- Un **astérisque(*)** figurant à côté d'une date de réception dans la colonne de droite signale un document de priorité présenté ou transmis au Bureau international mais de manière non conforme à la règle 17.1.a) ou b). Dans ce cas, **l'attention du déposant est appelée** sur la règle 17.1.c) qui stipule qu'aucun office désigné ne peut décider de ne pas tenir compte de la revendication de priorité avant d'avoir donné au déposant la possibilité de remettre le document de priorité dans un délai raisonnable en l'espèce.
- Les **lettres "NR"** figurant dans la colonne de droite signalent un document de priorité que le Bureau international n'a pas reçu ou que le déposant n'a pas demandé à l'office récepteur de préparer et de transmettre au Bureau international, conformément à la règle 17.1.a) ou b), respectivement. Dans ce cas, **l'attention du déposant est appelée** sur la règle 17.1.c) qui stipule qu'aucun office désigné ne peut décider de ne pas tenir compte de la revendication de priorité avant d'avoir donné au déposant la possibilité de remettre le document de priorité dans un délai raisonnable en l'espèce.

<u>Date de priorité</u>	<u>Demande de priorité n°</u>	<u>Pays, office régional ou office récepteur selon le PCT</u>	<u>Date de réception du document de priorité</u>
12 janv 1998 (12.01.98)	98/00199	FR	01 févr 1999 (01.02.99)

Bureau international de l'OMPI
34, chemin des Colombettes
1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé:

Philippe Bécamel



no de téléphone (41-22) 338.83.38

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

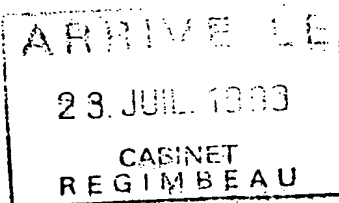
AVIS INFORMANT LE DEPOSANT DE LA COMMUNICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE AUX OFFICES DESIGNES

(règle 47.1.c), première phrase, du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

MARTIN, Jean-Jacques
Cabinet Regimbeau
26, avenue Kléber
F-75116 Paris
FRANCE



Date d'expédition (jour/mois/année) 15 juillet 1999 (15.07.99)		
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 339602/17244		AVIS IMPORTANT
Demande internationale no PCT/FR99/00043	Date du dépôt international (jour/mois/année) 12 janvier 1999 (12.01.99)	
Date de priorité (jour/mois/année) 12 janvier 1998 (12.01.98)		
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) etc		

- Il est notifié par la présente qu'à la date indiquée ci-dessus comme date d'expédition de cet avis, le Bureau international a communiqué, comme le prévoit l'article 20, la demande internationale aux offices désignés suivants:
AU,CN,EP,IL,JP,KP,KR,US

Conformément à la règle 47.1.c), troisième phrase, ces offices acceptent le présent avis comme preuve déterminante du fait que la communication de la demande internationale a bien eu lieu à la date d'expédition indiquée plus haut, et le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale à l'office ou aux offices désignés.

- Les offices désignés suivants ont renoncé à l'exigence selon laquelle cette communication doit être effectuée à cette date:
AL,AM,AP,AT,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,CA,CH,CU,CZ,DE,DK,EA,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU, ID,IN,IS,KE,KG,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MD,MG,MK,MN,MW,MX,NO,NZ,OA,PL,PT,RO,RU,SD, SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,UA,UG,UZ,VN,YU,ZW
La communication sera effectuée seulement sur demande de ces offices. De plus, le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale aux offices en question (règle 49.1)a-bis)).
- Le présent avis est accompagné d'une copie de la demande internationale publiée par le Bureau international le 15 juillet 1999 (15.07.99) sous le numéro WO 99/35657

RAPPEL CONCERNANT LE CHAPITRE II (article 31.2)a) et règle 54.2)

Si le déposant souhaite reporter l'ouverture de la phase nationale jusqu'à 30 mois (ou plus pour ce qui concerne certains offices) à compter de la date de priorité, la demande d'examen préliminaire international doit être présentée à l'administration compétente chargée de l'examen préliminaire international avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité.

Il appartient exclusivement au déposant de veiller au respect du délai de 19 mois.

Il est à noter que seul un déposant qui est ressortissant d'un Etat contractant du PCT lié par le chapitre II ou qui y a son domicile peut présenter une demande d'examen préliminaire international.

RAPPEL CONCERNANT L'OUVERTURE DE LA PHASE NATIONALE (article 22 ou 39.1))

Si le déposant souhaite que la demande internationale procède en phase nationale, il doit, dans le délai de 20 mois ou de 30 mois, ou plus pour ce qui concerne certains offices, accomplir les actes mentionnés dans ces dispositions auprès de chaque office désigné ou élu.

Pour d'autres informations importantes concernant les délais et les actes à accomplir pour l'ouverture de la phase nationale, voir l'annexe du formulaire PCT/IB/301 (Notification de la réception de l'exemplaire original) et le volume II du Guide du déposant du PCT.

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé J. Zahra no de téléphone (41-22) 338.83.38
---	---

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 30 août 1999 (30.08.99)	Référence du dossier du déposant ou du mandataire 339602/17244
Demande internationale no PCT/FR99/00043	Date de priorité (jour/mois/année) 12 janvier 1998 (12.01.98)
Date du dépôt international (jour/mois/année) 12 janvier 1999 (12.01.99)	
Déposant CHAPPERT, Claude etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒ dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

10 août 1999 (10.08.99)

☐ dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection ☒ a été faite

☐ n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur: (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé R. Forax no de téléphone: (41-22) 338.83.38
---	---

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

QL
09/600546
Translation
1756

Applicant's or agent's file reference 339602/17244		FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/FR99/00043	International filing date (day/month/year) 12 January 1999 (12.01.99)	Priority date (day/month/year) 12 January 1998 (12.01.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01F 41/14, G11B 11/10, H01P 11/00		
Applicant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>1</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

RECEIVED
13/14 2553
1700 MAIL ROOM

Date of submission of the demand 10 August 1999 (10.08.99)	Date of completion of this report 18 April 2000 (18.04.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR99/00043

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-14, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages _____, filed with the letter of _____,
pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. _____, as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. 1-6, filed with the letter of 27 March 2000 (27.03.2000),
Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☐ the drawings, sheets/fig _____, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR 99/00043

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-6	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-6	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-6	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Technical field: The present application concerns an ultra-high density magnetic recording, optical read-only recording and the creation of magnetically controlled optical circuits.

Prior art: Documents:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Vol. 014, no. 078 (P-1006), 14 February 1990 & JP 01 292 699 A (HITACHI LTD), 24 November 1989

D2: XIAO J.Q. ET AL.: "EFFECTS OF AR-ION IMPLANTATION AND ANNEALING ON STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF CO/PD MULTILAYERS" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol. 76, no. 10, PART 02, 15 November 1994, pages 6081-6083, XP000508709, both of which concern writing techniques for magnetic properties using heavy nucleus irradiation.

Whereas document:

D3: AMARAL L. ET AL.: "VERY THIN FE/NI MODULATION MULTILAYER FILMS UNDER ION BOMBARDMENT", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol. 81, no. 8,

PART 02B, 15 April 1997, pages 4773-4775, XP000701105 describes a technique according to which an alloy is formed by bombarding an Fe/Ni multilayer structure with heavy or light ions which cause the Fe and Ni atoms to diffuse.

Disadvantages: By virtue of the use of heavy ions, homogeneous alloys are formed over all of the irradiated structure. The multilayer structure disappeared after irradiation.

Solution: Using light ions with a controlled radiation dose of less than 10^{16} ions/cm².

Evaluation: With ions having the abovementioned higher doses, homogenisation of the multi-layer composition can be avoided and, consequently, concentration gradients and therefore a multilayer structure can be preserved.

With the proposed method the modifications are made at the interfaces and at the atomic planes and in that there is no ion implantation in the multilayer material, thus changing the properties thereof: there is no etching effect, and therefore no roughness.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR 99/00043

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

The description is not in line with the claims as
required by PCT Rule 5.1 (a)(iii).

TRAITÉ DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS

PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL


(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 339602/17244	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/00043	Date du dépôt international (jour/mois/année) 12/01/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 12/01/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H01F41/14		
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIF. ...et al.		

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 1 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:
 - I ☒ Base du rapport
 - II ☐ Priorité
 - III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
 - IV ☐ Absence d'unité de l'invention
 - V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
 - VI ☐ Certains documents cités
 - VII ☒ Irrégularités dans la demande internationale
 - VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 10/08/1999	Date d'achèvement du présent rapport 18.04.2000
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Gianni, G N° de téléphone +49 89 2399 2660



**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/00043

I. Base du rapport

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

Description, pages:

1-14 version initiale

Revendications, N°:

1-6 reçue(s) le 03/04/2000 avec la lettre du 27/03/2000

2. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description, pages :
☐ des revendications, n°s :
☐ des dessins, feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

4. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1-6 Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-6 Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-6 Non : Revendications

**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/00043

2. Citations et explications

voir feuille séparée

VII. Irrégularités dans la demande internationale

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande internationale, ont été constatées :

voir feuille séparée

Concernant le Point V

Domaine technique: La présente demande concerne un enregistrement magnétique ultra-haute densité, l'enregistrement optique de type à mémoire morte, et la réalisation de circuits optiques à commande magnétique.

Etat de la Technique: Les documents:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 078 (P-1006), 14 février 1990 & JP 01 292699 A (HITACHI LTD), 24 novembre 1989

D2: XIAO J Q ET AL: 'EFFECTS OF AR-ION IMPLANTATION AND ANNEALING ON STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF CO/PD MULTILAYERS' JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 76, no. 10, PART 02, 15 novembre 1994, pages 6081-6083, XP000508709, concernant tous deux des techniques d'inscription de propriétés magnétiques au moyen d'une irradiation par noyaux lourds.

Quant au document:

D3: AMARAL L ET AL: 'VERY THIN FE/NI MODULATION MULTILAYER FILMS UNDER ION BOMBARDMENT' JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 81, no. 8, PART 02B, 15 avril 1997, pages 4773-4775, XP000701105 il décrit une technique selon la quelle on crée un alliage en bombardant une structure multicouche de Fe/Ni avec des ions lourds ou légers qui font se diffuser les atomes de Fe et de Ni.

Inconvénients: Du fait que des ions lourds sont utilisés, il se forme des alliages homogènes sur l'ensemble de la structure irradié. Après irradiation la structure multicouches à disparu.

Solution: Utiliser de ions légers avec une dose d'irradiation contrôlée et inférieure à 10^{16} ions/cm².

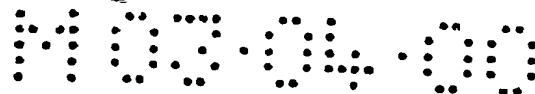
Evaluation: Avec des ions ayant des doses mentionnées plus haut on peut éviter une homogénéisation de la composition des différentes couches et permet par conséquent de conserver des gradients de concentration et donc une structure multicouches.

Avec le procédé proposé les modifications interviennent aux interfaces et au niveau des plans atomiques et qu'il n'y a pas d'implantation des ions dans le matériau multicouche dont en change les propriétés: il n'y a pas d'effet

de gravure, donc pas d'introduction de rugosités.

Concernant le Point VII

La description ne concorde pas avec les revendications, comme l'exige la règle 5.1 a) iii) PCT.



REVENDEICATIONS

1. Procédé d'inscription selon lequel on irradie ledit matériau au moyen d'un faisceau d'ions légers, tels que des ions He⁺, d'une énergie de l'ordre de ou inférieure à la centaine de keV, caractérisé en ce que ce matériau est un matériau en couches minces enterrées déposées sur un substrat, en ce qu'on irradie une ou plusieurs zones de tailles de l'ordre du micromètre ou inférieure, la dose d'irradiation étant contrôlée pour être de quelques 10¹⁶ ions/cm² ou inférieure, l'irradiation modifiant la composition de plans atomiques dans le matériau à une interface entre deux couches de celui-ci.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on irradie à travers un masque.
3. Procédé d'enregistrement magnétique ou magnéto-optique d'informations binaires, notamment d'élaboration de matériaux magnétiques discrets, de circuits de mémoires magnétiques, ou de circuits logiques à commande magnétique, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé d'inscription selon l'une des revendications précédentes.
4. Procédé d'enregistrement optique de type à mémoire morte, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé d'inscription selon l'une des revendications 1 ou 2.
5. Procédé selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que le matériau d'enregistrement est un matériau multicouche magnétique, dont les couches individuelles sont des métaux purs ou des alliages de métaux de transition ou de terres rares.
6. Procédé de réalisation de circuits optiques à commande magnétique utilisant une variation contrôlée de la composante d'indice optique liée au magnétisme, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé d'inscription selon l'une des revendications 1 ou 2.

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

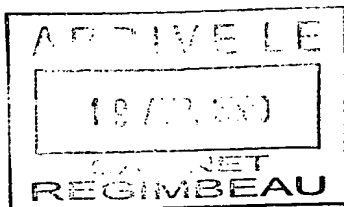
JRC

Phase Nationale : 12/07/00

Expéditeur: L'ADMINISTRATION CHARGEE DE
L'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

Destinataire:

MARTIN, J. et al.
Cabinet REGIMBEAU
26, avenue Kléber
75116 Paris
FRANCE



PCT

NOTIFICATION DE TRANSMISSION DU
RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE
INTERNATIONAL
(règle 71.1 du PCT)

Date d'expédition
(jour/mois/année) 18.04.2000

Référence du dossier du déposant ou du mandataire
339602/17244

NOTIFICATION IMPORTANTE

Demande internationale No.
PCT/FR99/00043

Date du dépôt international (jour/mois/année)
12/01/1999

Date de priorité (jour/mois/année)
12/01/1998

Déposant
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIF. ...et al.

1. Il est notifié au déposant que l'administration chargée de l'examen préliminaire international a établi le rapport d'examen préliminaire international pour la demande internationale et le lui transmet ci-joint, accompagné, le cas échéant, de ces annexes.
2. Une copie du présent rapport et, le cas échéant, de ses annexes est transmise au Bureau international pour communication à tous les offices élus.
3. Si tel ou tel office élu l'exige, le Bureau international établira une traduction en langue anglaise du rapport (à l'exclusion des annexes de celui-ci) et la transmettra aux offices intéressés.

4. RAPPEL

Pour aborder la phase nationale auprès de chaque office élu, le déposant doit accomplir certains actes (dépôt de traduction et paiement des taxes nationales) dans le délai de 30 mois à compter de la date de priorité (ou plus tard pour ce qui concerne certains offices) (article 39.1) (voir aussi le rappel envoyé par le Bureau international dans le formulaire PCT/IB/301).

Lorsqu'une traduction de la demande internationale doit être remise à un office élu, elle doit comporter la traduction de toute annexe du rapport d'examen préliminaire international. Il appartient au déposant d'établir la traduction en question et de la remettre directement à chaque office élu intéressé.

Pour plus de précisions en ce qui concerne les délais applicables et les exigences des offices élus, voir le Volume II du Guide du déposant du PCT.

Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international

Office européen des brevets
D-80298 Munich
Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Fonctionnaire autorisé

Magliano, D

Tél. +49 89 2399-2245



TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL


(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 339602/17244	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/00043	Date du dépôt international (jour/mois/année) 12/01/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 12/01/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H01F41/14		
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIF. ..et al.		

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 1 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:
 - I ☒ Base du rapport
 - II ☐ Priorité
 - III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
 - IV ☐ Absence d'unité de l'invention
 - V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
 - VI ☐ Certains documents cités
 - VII ☒ Irrégularités dans la demande internationale
 - VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 10/08/1999	Date d'achèvement du présent rapport 18.04.2000
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Gianni, G N° de téléphone +49 89 2399 2660



**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/00043

I. Base du rapport

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

Description, pages:

1-14 version initiale

Revendications, N°:

1-6 reçue(s) le 03/04/2000 avec la lettre du 27/03/2000

2. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description, pages :
☐ des revendications, n°s :
☐ des dessins, feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

4. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1-6
	Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-6
	Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-6
	Non : Revendications

**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/00043

2. Citations et explications

voir feuille séparée

VII. Irrégularités dans la demande internationale

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande internationale, ont été constatées :

voir feuille séparée

Concernant le Point V

Domaine technique: La présente demande concerne un enregistrement magnétique ultra-haute densité, l'enregistrement optique de type à mémoire morte, et la réalisation de circuits optiques à commande magnétique.

Etat de la Technique: Les documents:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 078 (P-1006), 14 février 1990 & JP 01 292699 A (HITACHI LTD), 24 novembre 1989

D2: XIAO J Q ET AL: 'EFFECTS OF AR-ION IMPLANTATION AND ANNEALING ON STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF CO/PD MULTILAYERS' JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 76, no. 10, PART 02, 15 novembre 1994, pages 6081-6083, XP000508709, concernent tous deux des techniques d'inscription de propriétés magnétiques au moyen d'une irradiation par noyaux lourds.

Quant au document:

D3: AMARAL L ET AL: 'VERY THIN FE/NI MODULATION MULTILAYER FILMS UNDER ION BOMBARDMENT' JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 81, no. 8, PART 02B, 15 avril 1997, pages 4773-4775, XP000701105 il décrit une technique selon la quelle on crée un alliage en bombardant une structure multicouche de Fe/Ni avec des ions lourds ou légers qui font se diffuser les atomes de Fe et de Ni.

Inconvénients: Du fait que des ions lourds sont utilisés, il se forme des alliages homogènes sur l'ensemble de la structure irradié. Après irradiation la structure multicouches à disparu.

Solution: Utiliser de ions légers avec une dose d'irradiation contrôlée et inférieure à 10^{16} ions/cm².

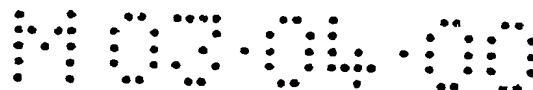
Evaluation: Avec des ions ayant des doses mentionnées plus haut on peut éviter une homogénéisation de la composition des différentes couches et permet par conséquent de conserver des gradients de concentration et donc une structure multicouches.

Avec le procédé proposé les modifications interviennent aux interfaces et au niveau des plans atomiques et qu'il n'y a pas d'implantation des ions dans le matériau multicouche dont en change les propriétés: il n'y a pas d'effet

de gravure, donc pas d'introduction de rugosités.

Concernant le Point VII

La description ne concorde pas avec les revendications, comme l'exige la règle 5.1 a) iii) PCT.



REVENDECATIONS

1. Procédé d'inscription selon lequel on irradie ledit matériau au moyen d'un faisceau d'ions légers, tels que des ions He+, d'une énergie de l'ordre de ou inférieure à la centaine de keV, caractérisé en ce que ce matériau est un matériau en couches minces enterrées déposées sur un substrat, en ce qu'on irradie une ou plusieurs zones de tailles de l'ordre du micromètre ou inférieure, la dose d'irradiation étant contrôlée pour être de quelques 10¹⁶ ions/cm² ou inférieure, l'irradiation modifiant la composition de plans atomiques dans le matériau à une interface entre deux couches de celui-ci.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on irradie à travers un masque.
3. Procédé d'enregistrement magnétique ou magnéto-optique d'informations binaires, notamment d'élaboration de matériaux magnétiques discrets, de circuits de mémoires magnétiques, ou de circuits logiques à commande magnétique, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé d'inscription selon l'une des revendications précédentes.
4. Procédé d'enregistrement optique de type à mémoire morte, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé d'inscription selon l'une des revendications 1 ou 2.
5. Procédé selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que le matériau d'enregistrement est un matériau multicouche magnétique, dont les couches individuelles sont des métaux purs ou des alliages de métaux de transition ou de terres rares.
6. Procédé de réalisation de circuits optiques à commande magnétique utilisant une variation contrôlée de la composante d'indice optique liée au magnétisme, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé d'inscription selon l'une des revendications 1 ou 2.

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINING AUTHORITY

To:

MARTIN, J. et al.
Cabinet REGIMBEAU
26, avenue Kléber
75116 Paris
FRANCE

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Rule 71.1)

Date of mailing (day/month/year)

18.04.2000

Applicant's or agent's file reference
339602/17244

IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.
PCT/FR99/00043

International filing date (day/month/year)
12/01/1999

Priority date (day/month/year)
12/01/1998

Applicant
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIF... et al.

1. The applicant is hereby notified that this International Preliminary Examining Authority transmits herewith the international preliminary examination report and its annexes, if any, established on the international application.
2. A copy of the report and its annexes, if any, is being transmitted to the International Bureau for communication to all the elected Offices.
3. Where required by any of the elected Offices, the International Bureau will prepare an English translation of the report (but not of any annexes) and will transmit such translation to those Offices.
4. REMINDER

The applicant must enter the national phase before each elected Office by performing certain acts (filing translations and paying national fees) within 30 months from the priority date (or later in some Offices) (Article 39(1)) (see also the reminder sent by the International Bureau with Form PCT/IB/301).

Where a translation of the international application must be furnished to an elected Office, that translation must contain a translation of any annexes to the International preliminary examination report. It is the applicant's responsibility to prepare and furnish such translation directly to each elected Office concerned.

For further details on the applicable time limits and requirements of the elected Offices, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

Name and mailing address of the IPEA/



European Patent Office
D-80298 Munich
Tel. + 49-89 2399-0 Tx: 523656 epmu d
Fax: + 49-89 2399-4465

Authorized officer:

Magliano, D
Tel. +49 89 2399-2245



PATENT COOPERATION TREATY



PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or Agent's file reference 339602/17244	FOR FURTHER ACTION		See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/FR99/00043	International filing date (day/month/year) 12/01/1999	Priority date (day/month/year) 12/01/1998	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01F41/14			
Applicant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIF. ..et al.			

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of 5 sheets including this title page.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e. sheets of the description, claims and/or drawings amended during international preliminary examination and/or containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Instruction 607 of PCT Administrative Instructions).</p> <p>These annexes consist of a total of 1 sheets.</p>
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement according to Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 10/08/1999	Date of completion of this report 18.04.2000
Name and mailing address of the IPEA/  European Patent Office D-80298 Munich Tel. + 49-89 2399-0, Tx: 523656 epmu d Fax: + 49-89 2399-4465	Authorized officer: Gianni, G Telephone No. +49 89 2399 2660 

**INTERNATIONAL PRELIMINARY
EXAMINATION REPORT**

International application No. PCT/FR99/00043

I. Basis of the report

1. This report has been drawn up on the basis of the following elements *(the replacement sheets received by the receiving office in response to an invitation according to Article 14 are considered in the present report as "originally filed" and are not annexed to the report as they contain no amendments.)*:

Description, pages:

1-14 as originally filed

Claims, No.:

1-6 received on 03/04/2000 with the letter of 27/03/2000

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages:
☐ the claims, Nos.:
☐ the drawings, sheets:

3. ☐ The present report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated as follows (Rule 70.2(c)):

4. Additional observations, if necessary:

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty	Yes:	Claims	1-6
	No:	Claims	
Inventive Step	Yes:	Claims	1-6
	No:	Claims	
Industrial Applicability	Yes:	Claims	1-6
	No:	Claims	

**INTERNATIONAL PRELIMINARY
EXAMINATION REPORT**

International application No. PCT/FR99/00043

2. Citations and explanations

see separate sheet

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

see separate sheet

In the matter of Point V

Technical field: The present application relates to ultrahigh-density magnetic recording, to optical recording of the read-only memory type and to the production of magnetically-controllable optical circuits.

Prior art: The documents:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Vol. 014, No. 078 (P-1006), February 14, 1990 & JP 01 292699 A (HITACHI LTD), November 24, 1989;

D2: J Q XIAO ET AL.: "EFFECTS OF AR-ION IMPLANTATION AND ANNEALING ON STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF CO/PD MULTILAYERS", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol. 76, No. 10, part 02, November 15, 1994, pages 6081-6083, XP000508709,

both relate to techniques for writing magnetic properties by means of an irradiation by heavy nuclei.

With regard to document:

D3: L AMARAL ET AL.: "VERY THIN FE/NI MODULATION MULTILAYER FILMS UNDER ION BOMBARDMENT", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol. 81, No. 8, part 02B, April 15, 1997, pages 4773-4775, XP000701105,

this describes a technique in which an alloy is created by bombarding an Fe/Ni multilayer structure with heavy or light ions which make the Fe and Ni atoms diffuse.

Drawbacks: Because heavy ions are used, homogeneous alloys over the entire irradiated structure are formed. After irradiation, the multilayer structure disappeared.

INTERNATIONAL EXAMINATION REPORT - SEPARATE SHEET

Solution: Use light ions with a controlled irradiation dose of less than 10^{16} ions/cm².

Evaluation: With ions having the doses mentioned above, it is possible to prevent the composition of the various layers becoming homogeneous and consequently to allow concentration gradients, and therefore a multilayer structure, to be preserved.

With the proposed process, the modifications occur at the interfaces and at the atomic plane level, and there is no implantation of ions into the multilayer material, the properties of which change thereby: there is no etching effect, and therefore no introduction of roughness.

In the matter of Point VII

The description does not correspond to the claims, as Rule 5.1 a) iii) PCT requires.